



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERANCANGAN MANAJEMEN PERSEDIAAN SUKU CADANG  
DENGAN METODE KLASIFIKASI *MULTI-ATTRIBUTE* PADA  
INDUSTRI MINYAK DAN GAS BUMI  
DI INDONESIA**

**TESIS**

**SINGGIH DWIANTO  
0906578730**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM PASCA SARJANA TEKNIK INDUSTRI  
SALEMBA  
DESEMBER 2010**

**PERANCANGAN MANAJEMEN PERSEDIAAN SUKU CADANG  
DENGAN METODE KLASIFIKASI *MULTI-ATTRIBUTE* PADA  
INDUSTRI MINYAK DAN GAS BUMI  
DI INDONESIA**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik**


**SINGGIH DWIANTO  
0906578730**




**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM PASCA SARJANA TEKNIK INDUSTRI  
SALEMBA  
NOVEMBER 2010**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar**



**Nama : Singgih Dwianto**  
**NPM : 0906578730**  
**Tanda Tangan **  
**Tanggal : 30 Desember 2010**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :  
Nama : Singgih Dwianto  
NPM : 0906578730  
Program Studi : Pasca Sarjana Teknik Industri  
Judul Tesis : Perancangan Manajemen Persediaan Suku Cadang Dengan Metode Klasifikasi *Multi-Attribute* Pada Industri Minyak dan Gas Bumi di Indonesia.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Pasca Sarjana Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1	: Prof.Dr.Ir.T.Yuri M. Zagloel,M.Eng.S.	(		)
Pembimbing 2	: Ir. Rahmat Nurcahyo M.Eng.Sc	(		)
Penguji 1	: Ir. Akhmad Hidayatno, MBT	(		)
Penguji 2	: Ir. Fauzia Dianawati, MSi	(		)
Penguji 3	: Ir. Isti Surjandari, Ph.D	(		)
Penguji 4	: Ir. Yadrifil, MSC	(		)

Ditetapkan di : Salemba

Tanggal : 30 Desember 2010

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Program Studi Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. T. Yuri M. Zagloel, M.Eng.Sc dan Ir. Rahmat Nurcahyo M.Eng.Sc selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini,
2. Keluarga tercinta Ayah, Ibu, Istri tercinta Mungki A dan dua putri kecilku Anindya A Zahra PH dan K Izzati Adine dan keluarga yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan baik material maupun moral, serta
3. Teman-teman Magister Teknik Industri kelas Salemba angkatan 2009, yang telah banyak membantu selama masa perkuliahan hingga selesainya tesis ini.
4. Rekan-rekan kerja, mas Arief A, mas Linung, mbak Riska, pak Danang, Anton S, yang telah sangat membantu meluangkan waktu dan membantu sehingga penulis bisa menyelesaikan kuliah dan tesis ini.

Akhir kata, saya berharap Allah, SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Dan semoga tesis ini juga memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu.

Salemba, Desember 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawa ini :

Nama : Singgih Dwianto  
NPM : 0906578730  
Program Studi : Pasca Sarjana Teknik Industri  
Departemen : Teknik Industri  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tesis

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Perancangan Manajemen Persediaan Suku Cadang Dengan Metode Klasifikasi *Multi-Attribute* Pada Industri Minyak dan Gas Bumi di Indonesia.**

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Salemba

Pada tanggal : 30 Desember 2010

Yang menyatakan,



(Singgih Dwianto)

## ABSTRAK

Nama : Singgih Dwianto  
Program Studi : Pasca Sarjana Teknik Industri  
Judul : Perancangan Manajemen Persediaan Suku Cadang Dengan Metode Klasifikasi *Multi-Attribute* Pada Industri Minyak dan Gas Bumi di Indonesia.

Tingginya biaya *inventory*, munculnya *shortage cost* serta sulitnya menjaga ketersediaan suku cadang dalam jumlah besar dan bervariasi memerlukan strategi pengontrolan yang tepat, metode klasifikasi pada umumnya fokus kepada *annual dollar usage* belum mengakomodasi kriteria lain yang bersifat kualitatif dan kuantitatif. Thesis ini bertujuan mendapatkan model manajemen persediaan dengan menggunakan metode *Multi Criteria Decision Making* yaitu klasifikasi berdasarkan *Multi-attribute Spare Tree Analysis(MASTA)* dan *Inventory Management Policy (IMP) matrix* yang mengakomodasi berbagai kriteria kualitatif serta kuantitatif di Industri minyak dan gas bumi Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan MASTA & IMP sebagai metode manajemen persediaan bisa diterapkan di Industri minyak dan gas bumi Indonesia dan bisa menjaga persediaan dan menurunkan biaya *inventory*.

Kata kunci : *Multi-attribute Spare Tree Analysis, Inventory Management Policy matrix*

## ABSTRACT

Name : Singgih Dwianto  
Study Program : Magister Program of Industrial Engineering  
Title : Design of Spare Parts Inventory System Using  
Multi-Attribute Classification Method On Indonesian Oil and  
Gas Industry

The high cost of inventory, the emergence of shortage cost and difficulty of maintaining the availability of spare parts in large and varied quantities needs a proper control strategy, classification methods generally focus on annual dollar usage not accommodate other qualitative and quantitative criteria. This thesis aims to get the inventory management model using Multi Criteria Decision Making method based on Multi-attribute Spare Tree Analysis (MASTA) and Inventory Management Policy (IMP) matrix that accommodates a variety of qualitative and quantitative criteria in the oil and gas industry of Indonesia. The results showed MASTA & IMP as supply management methods can be applied in oil and gas industry Indonesia and could keep the stock and reduce inventory costs.

Key words : Multi-attribute Spare Tree Analysis, Inventory Management Policy matrix



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	v
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
<b>1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Diagram Keterkaitan Permasalahan .....	4
1.3 Rumusan Permasalahan .....	5
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	5
1.6 Metodologi Penelitian .....	6
1.7 Sistematika Penulisan .....	7
<b>2 LANDASAN TEORI</b> .....	<b>9</b>
2.1. Persediaan Suku Cadang .....	11
2.2. <i>Multi-attribute Spare Tree Analysis</i> .....	12
2.2.1. <i>Reliability Centered Maintenance</i> .....	13
2.2.1.1. Langkah-langkah Metodologi RCM .....	14
2.2.2. <i>Metode Analytic Hierarchy Process ( AHP )</i> .....	16
2.3. Fuzzy AHP .....	19
2.3.1. <i>Triangular Fuzzy Number ( TFN )</i> .....	21
2.3.2. <i>Analisa Fuzzy Synthetic Extent</i> .....	23
2.3.3. Normalisasi .....	25
2.4. Aplikasi Langkah-Langkah Perhitungan Fuzzy AHP .....	26
<b>3 METODE PENELITIAN</b> .....	<b>30</b>
3.1. Pengumpulan Data .....	30
3.1.1. Industri Minyak dan Gas Indonesia .....	30
3.1.1.1. Sejarah .....	30
3.1.1.2. Industri Minyak Dan Gas Indonesia .....	34
3.1.1.2.1. Asas dan Tujuan .....	36
3.1.1.2.2. Visi dan Misi .....	37
3.1.1.2.3. Sasaran dan Tantangan .....	38

3.1.1.2.4. Strategi Pengembangan Industri Migas Nasional .....	42
3.1.1.2.5. Diagram Alir .....	45
3.1.2. Manajemen Persediaan di PT-X .....	46
3.1.2.1. Kondisi Operasi .....	46
3.1.2.2. Model Persediaan .....	47
3.1.2.2.1. Konsep Branchplant .....	48
3.1.2.2.2. Data Persediaan .....	49
3.1.3. Diskusi dan Kuesioner .....	55
3.1.4. Penentuan Kriteria .....	56
3.1.5. Pembuatan Struktur Hirarki Keputusan .....	60
3.1.5.1. MASTA .....	60
3.1.5.2. Hirarki AHP .....	64
3.2. Pengolahan Data .....	66
3.2.1. <i>Spare Part Plant Criticality</i> .....	66
3.2.1.1. Metode Fuzzy AHP .....	66
3.2.1.2. Pembobotan Kriteria Utama dengan Metoda Fuzzy AHP..	69
3.2.1.3. Penentuan kelas Klasifikasi dan Kondisi Batas .....	71
3.2.1.3.1. Bobot Kriteria <i>Cost</i> .....	71
3.2.1.3.2. Bobot Kriteria <i>Safety</i> .....	74
3.2.1.3.3. Bobot Kriteria <i>Regulatory</i> .....	78
3.2.1.3.4. Bobot Kriteria <i>Likelihood</i> .....	81
3.2.2. <i>Spare Supply Characteristic</i> .....	85
3.2.2.1. Pembobotan Kriteria Utama dengan Metoda Fuzzy AHP..	85
3.2.2.2. Penentuan kelas Klasifikasi dan Kondisi Batas .....	85
3.2.3. <i>Inventory Problem</i> .....	86
3.2.3.1. Pembobotan Kriteria Utama dengan Metoda Fuzzy AHP..	86
3.2.3.2. Penentuan kelas Klasifikasi dan Kondisi Batas .....	86
3.2.4. <i>Procurement Problem</i> .....	87
3.2.4.1. Pembobotan Kriteria Utama dengan Metoda Fuzzy AHP..	87
3.2.4.2. Penentuan kelas Klasifikasi dan Kondisi Batas .....	87
3.2.5. <i>Usage Rate</i> .....	88
3.2.5.1. Pembobotan Kriteria Utama dengan Metoda Fuzzy AHP..	88
3.2.5.2. Penentuan kelas Klasifikasi dan Kondisi Batas .....	88
3.2.6. Contoh Aplikasi Klasifikasi .....	89
3.2.6.1. <i>Spare Part Plant Criticality</i> .....	90
3.2.6.2. <i>Spare Supply Characteristic</i> .....	91
3.2.6.3. <i>Inventory Problem Classification</i> .....	93
3.2.6.4. <i>Procurement Problem Classification</i> .....	95
3.2.6.5. <i>Usage Rate</i> .....	96
3.2.6.6. Klasifikasi dengan MASTA .....	98
<b>4 ANALISA DATA</b> .....	<b>99</b>
4.1 Data Persediaan .....	99
4.1.1 Data Penggunaan Material .....	100

4.1.2	Data Pengadaan Material .....	102
4.2	Nilai Bobot Kriteria Utama & Kondisi Batas kelas Klasifikasi .....	104
4.2.1	<i>Spare Part Plant Criticality</i> .....	104
4.2.2	<i>Spare Supply Characteristic</i> .....	105
4.2.3	<i>Inventory Problem</i> .....	106
4.2.4	<i>Procurement Problem</i> .....	107
4.2.5	<i>Usage Rate</i> .....	108
4.3	Model Klasifikasi Persediaan Suku Cadang .....	109
4.3.1	Struktur Keputusan. ....	109
4.3.1.1	<i>Logic Tree 1</i> .....	109
4.3.1.2	<i>Logic Tree 2</i> .....	111
4.3.1.3	<i>Logic Tree 3</i> .....	112
4.3.2	Contoh Aplikasi. ....	113
4.4	<i>Inventory Management Policy Matrix</i> .....	114
<b>5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	117
5.1	Kesimpulan .....	117
5.2	Saran .....	118
	<b>DAFTAR REFERENSI</b> .....	119
	<b>LAMPIRAN</b> .....	122

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Permasalahan .....	4
Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian .....	6
Gambar 2.1. Hirarki Model AHP .....	16
Gambar 2.2 Fungsi keanggotaan Skala Variable Linguistik .....	22
Gambar 2.3 Perpotongan antara M1 dan M2 .....	24
Gambar 3.1 Alur pikir pengembangan industri minyak dan gas bumi nasional ...	35
Gambar 3.2 Produksi, konsumsi, ekspor, Impor minyak bumi pertahun .....	35
Gambar 3.3 Produksi & konsumsi gas bumi pertahun .....	36
Gambar 3.4 Taksonomi bidang usaha dalam struktur industri perminyakan nasional .....	45
Gambar 3.5 Taksonomi bidang usaha dalam struktur industri gas bumi nasional.....	45
Gambar 3.6 Hubungan fungsi pemerintah dan non-pemerintah dalam industri migas nasional .....	46
Gambar 3.7 Logic tree diagram spare part plant criticality .....	61
Gambar 3.8 Logic tree-1 .....	62
Gambar 3.9 Logic tree-2 .....	63
Gambar 3.10 Logic tree-3 .....	64
Gambar 3.11 Struktur hirarki AHP <i>Spare part plant criticality</i> .....	64
Gambar 3.12 Struktur hirarki AHP <i>Spare Supply Characteristic</i> .....	65
Gambar 3.13 Struktur hirarki AHP <i>Inventory Problem</i> .....	65
Gambar 3.14 Struktur hirarki AHP <i>Procurement Problem</i> .....	66
Gambar 3.15 Struktur hirarki AHP <i>Usage Rate</i> .....	66
Gambar 4.1 Diagram Persediaan dalam % .....	100
Gambar 4.2 Nilai transaksi pemakaian barang di 9122PJMMA selama tahun 2010 sampai dengan Nopember .....	101
Gambar 4.3 Diagram transaksi suku cadang dalam persen .....	101
Gambar 4.4 Diagram Pareto transaksi suku cadang di 9122PJMMA .....	102
Gambar 4.5 Diagram nilai pengadaan dan jumlah transaksi dari setiap main branchplant .....	103
Gambar 4.6 Diagram waktu pengadaan rata-rata untuk setiap item .....	103
Gambar 4.7 Diagram nilai pembobotan kriteria <i>Sparepart Plant Criticality</i> .....	104
Gambar 4.8 Diagram nilai pembobotan kriteria <i>Spare Supply Characteristic</i> .....	105
Gambar 4.9 Diagram nilai pembobotan kriteria <i>Inventory Problem</i> .....	106
Gambar 4.10 Diagram nilai pembobotan kriteria <i>Procurement Problem</i> .....	107
Gambar 4.11 Diagram nilai pembobotan kriteria <i>Usage Rate</i> .....	108
Gambar 4.12 Diagram keputusan <i>Plant Criticality</i> .....	109
Gambar 4.13 Logic tree-1 .....	110
Gambar 4.14 Logic tree-2 .....	112
Gambar 4.15 Logic tree-3 .....	113
Gambar 4.16 Nilai Inventoy dari 18 contoh sampel .....	116

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skala fuzzy dan gambaran linguistik kepentingan relative antara 2 kriteria. ....	21
Table 2.2 Ketentuan fungsi keanggotaan bilangan fuzzy .....	22
Tabel 3.1 Nilai persediaan PT X November 2010. ....	50
Tabel 3.2 Kelas komoditi material .....	51
Tabel 3.3 Material berdasarkan kategori penyimpanan .....	53
Tabel 3.4 Nilai transaksi sampai dengan Nopember 2010 .....	53
Tabel 3.5 Daftar Responden .....	56
Tabel 3.6 Penilaian tingkat kepentingan antar kriteria utama oleh 7 responden dengan metoda fuzzy AHP.....	67
Tabel 3.7 Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria spare part plant criticality setelah diambil rata-rata nilai.....	68
Tabel 3.8 Contoh Uji Konsistensi dari Matriks Evaluasi Kriteria spare part plant criticality .....	68
Tabel 3.9 Hasil perhitungan komponen persamaan fuzzy extent untuk matriks perbandingan berpasangan kriteria spare part plant criticality .....	69
Tabel 3.10 Hasil perhitungan nilai fuzzy synthetic extent untuk kriteria spare part plant criticality yang berhubungan dengan tujuan hirarki .....	70
Tabel 3.11 Tingkat kemungkinan 2 nilai <i>fuzzy synthetic extent</i> pada kriteria <i>Spare part plant criticality</i> yang berhubungan dengan tujuan .....	70
Tabel 3.12 Hasil perbandingan nilai synthetic extent dan nilai minimumnya .....	70
Tabel 3.13 Vektor Bobot .....	71
Tabel 3.14 Normalisasi Vektor Bobot .....	71
Tabel 3.15 Nilai bobot kriteria spare part plant critically .....	71
Tabel 3.16 Perbandingan berpasangan kriteria <i>cost</i> .....	71
Tabel 3.17 Matrik perbandingan berpasangan untuk kriteria <i>cost</i> setelah diambil rata-rata nilai .....	72
Tabel 3.18 Uji Konsistensi dari Matriks Evaluasi kriteria <i>cost</i> .....	72
Tabel 3.19 Hasil perhitungan komponen persamaan <i>fuzzy extent</i> untuk matriks perbandingan berpasangan kriteria <i>cost</i> . ....	73
Tabel 3.20 Hasil perhitungan nilai <i>fuzzy synthetic extent</i> untuk kriteria <i>cost</i> yang berhubungan dengan tujuan hirarki .....	73
Tabel 3.21 Tingkat kemungkinan 2 nilai <i>fuzzy synthetic extent</i> pada kriteria <i>cost</i> yang berhubungan dengan tujuan .....	73
Tabel 3.22 Hasil perbandingan nilai <i>synthetic extent</i> dan nilai minimumnya.....	74
Tabel 3.23 Vektor Bobot .....	74
Tabel 3.24 Normalisasi Vektor Bobot .....	74
Tabel 3.25 Nilai bobot kriteria <i>cost</i> .....	74
Tabel 3.26 Perbandingan berpasangan kriteria <i>safety</i> .....	75

Tabel 3.27 Matrik perbandingan berpasangan untuk kriteria <i>safety</i> setelah diambil rata-rata nilai .....	75
Tabel 3.28 Uji Konsistensi dari Matriks Evaluasi kriteria <i>safety</i> .....	76
Tabel 3.29 Hasil perhitungan komponen persamaan <i>fuzzy extent</i> untuk matriks perbandingan berpasangan kriteria <i>safety</i> .....	76
Tabel 3.30 Hasil perhitungan nilai <i>fuzzy synthetic extent</i> untuk kriteria <i>safety</i> yang berhubungan dengan tujuan hirarki .....	76
Tabel 3.31 Tingkat kemungkinan 2 nilai <i>fuzzy synthetic extent</i> pada kriteria <i>safety</i> yang berhubungan dengan tujuan. ....	76
Tabel 3.32 Hasil perbandingan nilai <i>synthetic extent</i> dan nilai minimumnya.....	77
Tabel 3.33 Vektor Bobot .....	77
Tabel 3.34 Normalisasi Vektor Bobot .....	77
Tabel 3.35 Nilai bobot kriteria <i>safety</i> .....	77
Tabel 3.36 Perbandingan berpasangan kriteria <i>regulatory</i> .....	78
Tabel 3.37 Matrik perbandingan berpasangan untuk kriteria <i>regulatory</i> setelah diambil nilai rata-rata geometric .....	78
Tabel 3.38 Uji Konsistensi dari Matriks Evaluasi kriteria <i>regulatory</i> .....	79
Tabel 3.39 Hasil perhitungan komponen persamaan <i>fuzzy extent</i> untuk matriks perbandingan berpasangan kriteria <i>regulatory</i> .....	79
Tabel 3.40 Hasil perhitungan nilai <i>fuzzy synthetic extent</i> untuk kriteria <i>regulatory</i> yang berhubungan dengan tujuan hirarki .....	79
Tabel 3.41 Tingkat kemungkinan 2 nilai <i>fuzzy synthetic extent</i> pada kriteria <i>regulatory</i> yang berhubungan dengan tujuan. ....	80
Tabel 3.42 Hasil perbandingan nilai <i>synthetic extent</i> dan nilai minimumnya.....	80
Tabel 3.43 Vektor Bobot .....	80
Tabel 3.44 Normalisasi Vektor Bobot .....	80
Tabel 3.45 Nilai bobot kriteria <i>regulatory</i> .....	80
Tabel 3.46 Perbandingan berpasangan kriteria <i>likelihood</i> .....	81
Tabel 3.47 Matrik perbandingan berpasangan untuk kriteria <i>regulatory</i> setelah diambil nilai rata-rata geometric .....	81
Tabel 3.48 Uji Konsistensi dari Matriks Evaluasi kriteria <i>likelihood</i> .....	82
Tabel 3.49 Hasil perhitungan komponen persamaan <i>fuzzy extent</i> untuk matriks perbandingan berpasangan kriteria <i>likelihood</i> .....	82
Tabel 3.50 Hasil perhitungan nilai <i>fuzzy synthetic extent</i> untuk kriteria <i>likelihood</i> yang berhubungan dengan tujuan hirarki .....	82
Tabel 3.51 Tingkat kemungkinan 2 nilai <i>fuzzy synthetic extent</i> pada kriteria <i>likelihood</i> yang berhubungan dengan tujuan. ....	83
Tabel 3.52 Hasil perbandingan nilai <i>synthetic extent</i> dan nilai minimumnya.....	83
Tabel 3.53 Vektor Bobot .....	83
Tabel 3.54 Normalisasi Vektor Bobot .....	83
Tabel 3.55 Nilai bobot kriteria <i>Likelihood</i> .....	84
Tabel 3.56 Perhitungan <i>Composite Weight Spare part Plant Criticality</i> .....	84
Tabel 3.57 <i>Boundary Condition</i> kriteria <i>Weight Spare part Plant Criticality</i> .....	84
Tabel 3.58 Nilai bobot kriteria <i>Spare Supply Characteristic</i> .....	85
Tabel 3.59 Perhitungan <i>Composite Weight Spare Supply Characteristic</i> .....	85

Tabel 3.60	<i>Boundary Condition</i> kriteria <i>Spare Supply Characteristic</i> .....	86
Tabel 3.61	Nilai bobot kriteria <i>Inventory Problem</i> .....	86
Tabel 3.62	Perhitungan <i>Composite Weight</i> kriteria <i>inventory Problem</i> .....	86
Tabel 3.63	<i>Boundary Condition</i> kriteria <i>Spare Inventory Problem</i> .....	87
Tabel 3.64	Nilai bobot kriteria <i>Procurement Problem</i> .....	87
Tabel 3.65	Perhitungan <i>Composite Weight</i> <i>Procurement Problem</i> .....	87
Tabel 3.66	<i>Boundary Condition</i> kriteria <i>Procurement Problem</i> .....	88
Tabel 3.67	Nilai bobot kriteria <i>Usage Rate</i> .....	88
Tabel 3.68	Perhitungan <i>Composite Weight</i> <i>Usage Rate</i> .....	88
Tabel 3.69	<i>Boundary Condition</i> kriteria <i>Usage Rate</i> .....	89
Tabel 3.70	Contoh 18 Item material dengan klasifikasi ABC .....	89
Tabel 3.71	Data attribute <i>spare part criticality</i> setiap item material .....	90
Tabel 3.72	Perhitungan tingkat kritikalitas dari attribute <i>spare part criticality</i> setiap item material .....	90
Tabel 3.73	Data attribute <i>spare supply characteristic</i> setiap item material .....	91
Tabel 3.74	Perhitungan tingkat kritikalitas dari attribute <i>spare supply characteristic</i> setiap item material .....	92
Tabel 3.75	Data attribute <i>Inventory Problem</i> setiap item material .....	93
Tabel 3.76	Perhitungan tingkat kritikalitas dari attribute <i>Inventory Problem</i> setiap item material .....	94
Tabel 3.77	Data attribute <i>Procurement Problem</i> setiap item material .....	95
Tabel 3.78	Perhitungan tingkat kritikalitas dari attribute <i>Procurement Problem</i> setiap item material .....	96
Tabel 3.79	Data attribute <i>Usage Rate</i> setiap item material .....	96
Tabel 3.80	Perhitungan tingkat kritikalitas dari attribute <i>Usage Rate</i> setiap item material .....	97
Tabel 3.81	Penentuan klasifikasi dengan menggunakan MASTA berdasarkan tingkat kritikalitas dari masing masing attribute .....	98
Tabel 4.1	Total Nilai persediaan di bulan November. ....	99
Tabel 4.2	Nilai <i>composite weight</i> kriteria <i>Sparepart Plant Criticality</i> .....	104
Tabel 4.3	Nilai <i>composite weight</i> kriteria <i>Spare Supply Characteristic</i> .....	105
Tabel 4.4	Nilai <i>composite weight</i> kriteria <i>Inventory Problem</i> .....	106
Tabel 4.5	Nilai <i>composite weight</i> kriteria <i>Procurement Problem</i> .....	107
Tabel 4.6	Nilai <i>composite weight</i> kriteria <i>Usage Rate</i> . ....	108
Tabel 4.7	Tabel klasifikasi dengan menggunakan MASTA.....	114
Tabel 4.8	Tabel Inventory Managemen Policy Matrix. ....	115
Tabel 4.9	Klasifikasi dan hasil nilai inventory dengan .....	116

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Kuesioner .....	122
------------------------------	-----





# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.8 Latar Belakang Masalah

Manajemen persediaan suku cadang yang efektif adalah sangat penting bagi banyak perusahaan, dari perusahaan manufaktur padat modal seperti manufaktur mobil, pabrik kimia, perusahaan telekomunikasi dan penerbangan. Berbeda dengan system *Work-in-process* (WIP) dan ketersediaan produk jadi yang di dorong oleh proses produksi dan permintaan pelanggan, ketersediaan suku cadang adalah untuk mendukung kegiatan pemeliharaan dan mencegah peralatan terhadap kerusakan. Walaupun fungsi ini difahami dengan baik oleh seorang manajer *maintenance*, banyak perusahaan menghadapi tantangan dalam menjaga ketersediaan suku cadang dalam jumlah besar dan biaya penyimpanan serta keausan yang tinggi. Sehingga analisa biaya yang efektif menjadi alat yang penting dalam menentukan ketersediaan suku cadang. Namun sulitnya menentukan strategi dan metode yang tepat menjadi bagian dalam pengaturan suku cadang, seperti kondisi suku cadang yang sangat lambat bergerak dengan pola permintaan acak dan tidak menentu selain itu juga letak demografi dan lokasi yang jauh dan sulit dari akses transportasi.

Acaknya permintaan ini sebenarnya didasari dari kondisi operasi yang sangat bervariasi, mulai dari segi *safety*, keausan, kehandalan, kondisi lingkungan, *Lost Product Opportunity* ( *LPO* ), *maintenance strategy* dan lain lain. Banyak penelitian telah dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan ketersediaan suku cadang ini dari cara yang rumit ataupun dengan pendekatan yang sederhana, namun demikian tidak melihat kedalam hal hal yang bersifat *intangibile* seperti keausan, karakteristik standard item, kualitas *supplier* dan lain lain. Selain itu bervariasinya jenis suku cadang yang harus disiapkan dalam menunjang kebutuhan *Maintenance Repair Operation* ( *MRO* ) serta distribusi jenis peralatan yang berbeda dari setiap area memerlukan penanganan lokasi penyimpanan suku cadang yang tepat, hal ini untuk

mengurangi jumlah *downtime* dari peralatan terutama untuk lokasi - lokasi yang terpencil dan mempunyai kendala transportasi.

Biaya material bisa mencapai 60 persen dari total modal dari suatu organisasi industri. Ada banyak bukti kehilangan produktivitas disebabkan oleh manajemen material yang tidak efisien. Beberapa isu yang umumnya ada dan berhubungan dengan manajemen material antara lain.

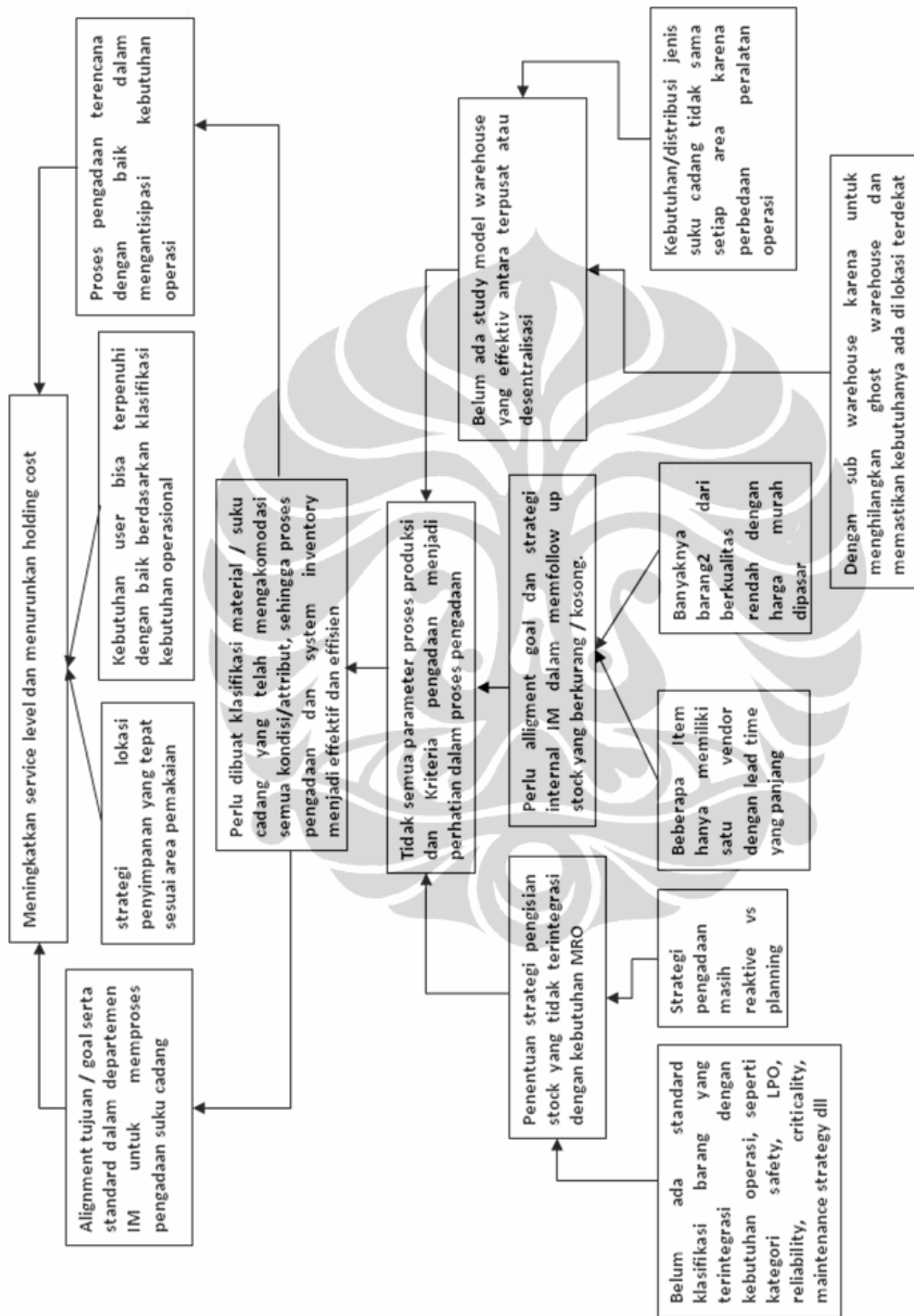
- Penerimaan material sebelum diperlukan, akan menyebabkan biaya penyimpanan dan kemungkinan terjadi kemerosotan kualitas barang.
- Tidak diterimanya material pada saat diperlukan maka akan menyebabkan kehilangan produktivitas.
- Material yang tidak sesuai dengan gambar atau desain.
- Terjadinya perubahan desain.
- Kerusakan atau kehilangan barang.
- Kerusakan pada saat pemasangan.
- Pemilihan tipe kontrak untuk pengadaan material yang spesifik.
- Kriteria evaluasi vendor.
- Menumpuknya persediaan dan pengendalian terhadap barang yang sama.
- Pengaturan untuk material *surplus*.
- Salah satu atau semua dari hal diatas atau kombinasinya

Industri minyak dan gas bumi Indonesia diawali dengan penemuan sumber minyak di daerah Pangkalan Brandan pada tahun 1883, diikuti kemudian dengan beberapa penemuan beberapa lapangan minyak lain di berbagai daerah seperti Muara enim Sumatera Selatan, Ledok di Cepu Jawa tengah, Sanga-Sanga Kalimantan Timur oleh berbagai perusahaan minyak dari Belanda, Amerika dan kemudian berkembang dengan dibentuknya perusahaan pemerintah Pertamina. Perusahaan-perusahaan ini terus berkembang beroperasi di seluruh wilayah Indonesia mulai dari Aceh sampai dengan Irian Jaya. Sampai dengan saat ini tercatat lebih dari 100 perusahaan yang berasal dari berbagai negara baik yang sudah berproduksi ataupun masih dalam tahap eksplorasi, perusahaan - perusahaan ini dibawah koordinasi BP MIGAS dan

diberikan target produksi untuk mencukupi kebutuhan energi minyak dan gas bumi di Indonesia.

Dalam rangka memastikan proses produksinya tidak terhambat, industri minyak dan gas bumi Indonesia terus berupaya meningkatkan kinerja dan mengatasi berbagai masalah berkaitan dengan kendala geografis, regulasi pemerintah, kualitas ketersediaan sumber dalam negeri dan lain lain khususnya dalam penyediaan suku cadang untuk keperluan perbaikan dan operasional perusahaan. Kompleksitas permasalahan yang dihadapi dari masing-masing perusahaan yang beroperasi akan berbeda mengikuti letak demografinya, namun secara umum jenis permasalahan akan sama dengan tingkat atau bobot masalah yang berbeda. Tingginya biaya *inventory*, munculnya *shortage cost* bila suku cadang yang diperlukan tidak tersedia serta sulitnya menjaga ketersediaan suku cadang dalam jumlah besar dan bervariasi memerlukan strategi pengontrolan suku cadang yang tepat sehingga berbagai macam strategi dilakukan oleh masing-masing perusahaan dalam rangka mengatur dan menjaga ketersediaan suku cadang tersebut.

## 1.9 Diagram Keterkaitan Permasalahan



Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Permasalahan

### **1.10 Rumusan Permasalahan**

Tingginya biaya *inventory*, munculnya *shortage cost* bila suku cadang yang diperlukan tidak tersedia serta sulitnya menjaga ketersediaan suku cadang dalam jumlah besar dan bervariasi memerlukan strategi pengontrolan suku cadang yang tepat, metode klasifikasi pada umumnya hanya fokus kepada *annual dolar usage* belum mampu mengakomodasi beberapa kriteria lain baik kualitatif dan kuantitatif seperti *lead time*, *HES*, *lost product opportunity*, *warehouse location* dan lain lain belum dijadikan acuan dalam membuat klasifikasi material, sehingga belum ada acuan kebijakan dalam mengatur ketersediaan material yang cocok dipakai dalam suatu industri khususnya industri minyak dan gas bumi di Indonesia.

### **1.11 Tujuan Penelitian**

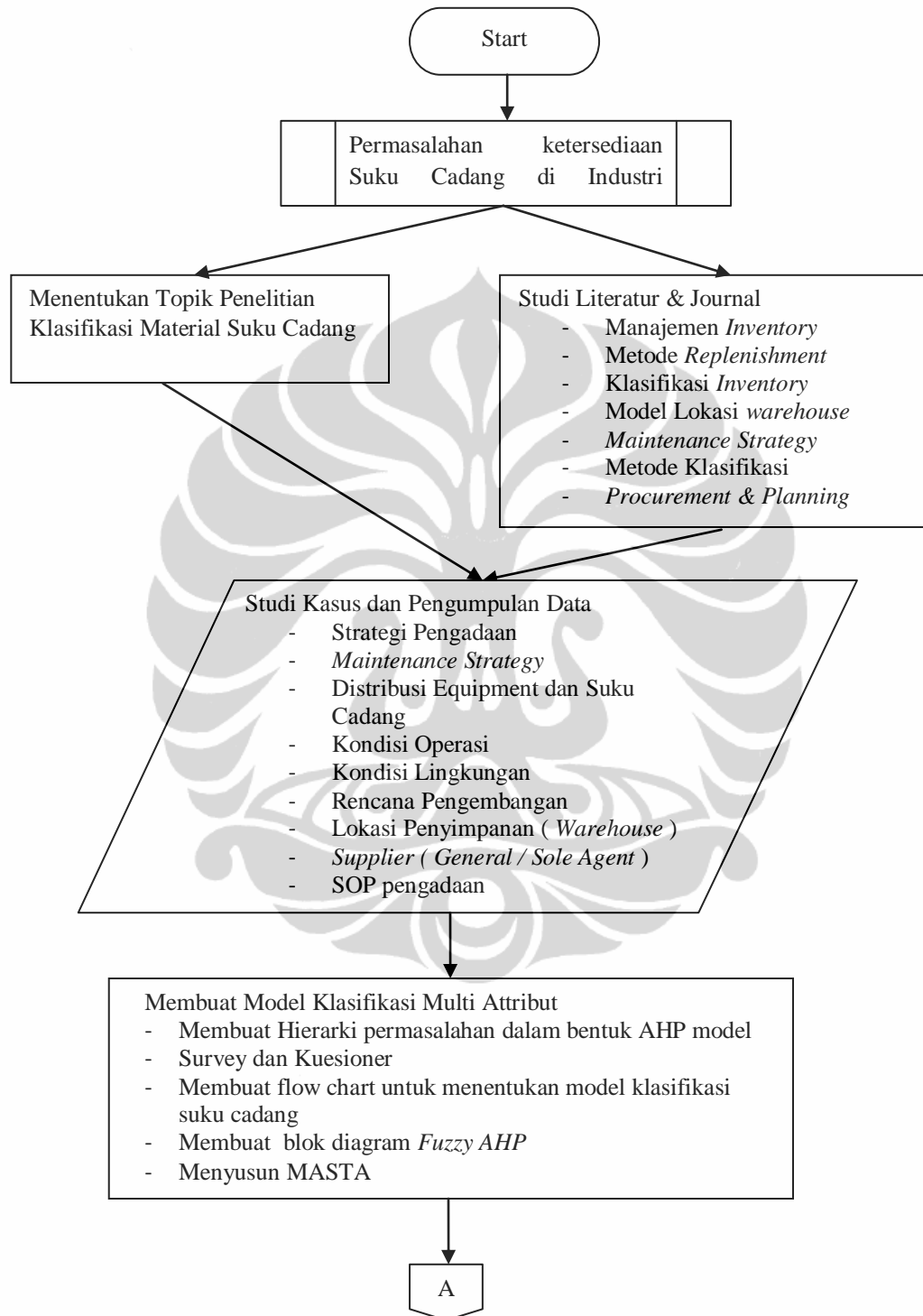
Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model sistem persediaan suku cadang dengan menggunakan metode *Multi Criteria Decision Making* yaitu klasifikasi berdasarkan *Multi-attribute Spare Tree Analysis* (MASTA) dan *inventory management policy (IMP) matrix* yang mengakomodasi berbagai kriteria kualitatif serta kuantitatif di industri minyak dan gas bumi Indonesia.

### **1.12 Ruang Lingkup Penelitian**

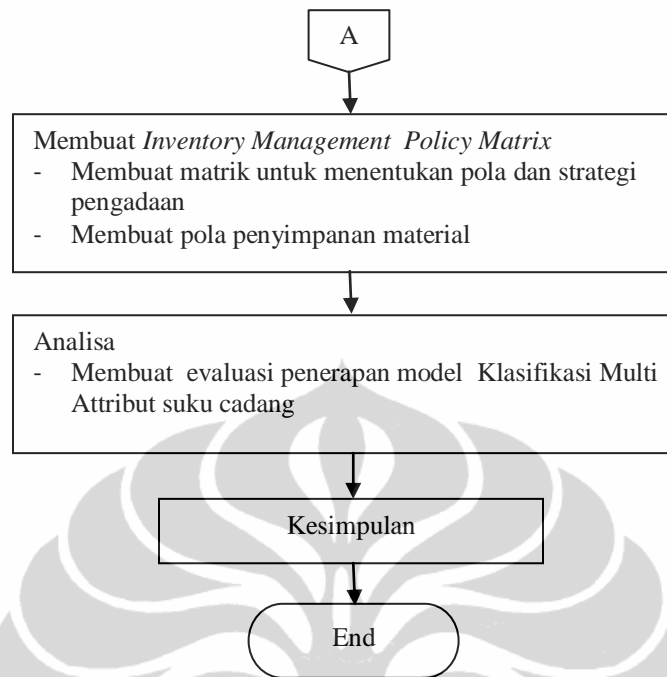
Ruang lingkup yang menjadi batasan dalam penelitian meliputi :

1. Lingkup permasalahan ketersediaan suku cadang diambil dari salah satu perusahaan minyak di Kalimantan Timur.
2. Penentuan bobot kriteria menggunakan *fuzzy-AHP*
3. Data diambil dari *ERP ( JDE-E1, Oracle database )* sejak Januari 2010 sampai dengan Nopember 2010.
4. Dalam penelitian ini fokus kepada penyusunan model manajemen persediaan suku cadang dan belum diaplikasikan ke industri minyak dan gas bumi di Indonesia

### 1.13 Metodologi Penelitian



Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian



Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian (sambungan)

#### 1.14 Sistematika Penulisan

Penulisan ini dibagi kedalam lima bab dengan perincian sebagai berikut :

1. BAB 1 : Pendahuluan

Bab ini membahas tentang hal yang menjadi latar belakang perlunya strategi yang tepat dalam menentukan manajemen ketersediaan suku cadang, berkaitan dengan pola kerja perusahaan minyak di Kalimantan timur untuk daerah operasi terpencil.

2. BAB 2 : Landasan teori dan Penjelasan Studi kasus

Bab ini membahas tentang studi literatur dan hal hal yang mendasari penelitian, serta penjelasan studi kasus dan kondisi yang ada pada perusahaan minyak PT X di kalimantan

3. BAB 3 : Metodologi Penyelesaian Masalah

Bab ini membahas tentang metodologi dan tahapan pengolahan data dan analisa hasil secara terperinci, dimulai dengan pembuatan model klasifikasi *multi-attribute decision making*, AHP dengan *Fuzzy*, pembuatan model *Inventory Manajemen Policy Matrix*

4. BAB 4 : Aplikasi dan Analisa Hasil

Bab ini membahas tentang contoh aplikasi model klasifikasi multi atribut pada perusahaan minyak di Kalimantan Timur dan membuat evaluasi terhadap hasil yang didapatkan.

5. BAB 5 : Kesimpulan

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian, serta saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya





## BAB 2

### LANDASAN TEORI

Manajemen rantai suplai dianggap sebagai suatu strategi yang bertujuan untuk kelancaran arus produk dari titik produksi ke titik konsumsi secara efisien. Hal ini dimungkinkan dengan mengurangi persediaan, pengiriman produk yang lebih sering, dengan meningkatkan kualitas pelayanan kepada pelanggan, dengan mengurangi biaya logistik secara keseluruhan dan meningkatkan efisiensi pada waktu yang sama. Manajemen rantai suplai didasarkan pada perencanaan yang akurat, aliran informasi dan koordinasi dengan para mitra. Formasi rantai pasokan meliputi organisasi dari suatu industri yang menghasilkan dan meneruskan produk mereka sampai ke simpul berikutnya dari rantai pasokan yang dianggap sebagai pelanggan mereka. Dalam rantai pasokan, sangat penting bahwa setiap peserta mengirimkan produk ke titik berikutnya di waktu yang mereka dibutuhkan. Organisasi industri harus bisa mendukung secara berkesinambungan memaksimalkan penggunaan mesin produksi mereka. Dalam hal bahwa mesin produksi rusak dan perlu diperbaiki, perbaikan dan penggunaan suku cadang serta *downtime* harus dikurangi, karena biaya *downtime* berpengaruh dramatis bagi rantai pasokan secara keseluruhan. Sehingga kemudian persediaan suku cadang penting untuk memastikan minimalisasi *downtime* dan biaya terkait. Karena biaya persediaan tersebut mahal, sehingga manajemen persediaan suku cadang menjadi sangat penting dan perkembangan manajemen pengelolaan terus berusaha mengurangi investasi dan meningkatkan kinerja (Danas, Roudsari, & Panayiotis, 2006).

Secara umum ada dua pendekatan yang bisa digunakan untuk menentukan model dan strategi pengontrolan suku cadang yaitu (Braglia, Grassi, & Montanari, 2004):

- Model matematis
- Pendekatan klasifikasi

Pendekatan dengan model matematis berdasarkan kepada *programa linear*, *programa dynamic*, *goal programming*, simulasi dan lain lain. *Programa linear* merupakan metode matematik dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk mencapai suatu tujuan seperti memaksimumkan keuntungan dan meminimumkan biaya, *programa dynamic* adalah metode untuk menyelesaikan masalah yang kompleks dengan memecahnya menjadi bagian bagian atau tahap yang mudah, *goal programming* adalah program optimasi yang merupakan cabang dari *multi-criteria decision analysis* ( MCDA) juga dikenal sebagai *multi-criteria decision making* (MCDM). Sedangkan pendekatan klasifikasi diawali dengan digunakannya prinsip *Pareto* pada klasifikasi suku cadang perusahaan *General Electric* pada tahun 1950 an yang dikenal dan sangat populer dengan metode ABC. Analisa klasifikasi suku cadang ini berdasarkan total nilai penggunaan dalam setiap tahunnya yang dihitung dari perkalian nilai uang setiap unit dengan jumlah penggunaan dalam setiap tahunya. Walaupun metode ini sangat umum digunakan karena mudah digunakan akan tetapi banyak dikritisi karena hanya fokus kepada nilai uang saja, kriteria lain seperti *Lead-time*, keausan, *durability*, biaya penyimpanan, dan lain lain yang seharusnya juga merupakan hal yang penting dalam mengklasifikasikan suku cadang (Min-Chun Yu, 2010). Beberapa orang telah meneliti dan mengusulkan teknik klasifikasi multi atribut yang bisa mengatur berbagai faktor yang mungkin saling bertentangan satu dengan yang lain serta dari berbagai satuan ukur yang tidak bisa dibandingkan langsung dengan yang lain. Husikonen (2001) menggunakan metode tujuh kriteria dalam analisisnya, Petrovic et al. (1993) mengusulkan penggunaan *expert system*, Gaipal et al (1994) dan Sharaf dan Helmy (2001) mengusulkan penggunaan metodologi *Analytical Hierarchy Process* ( AHP ), kemudian gabungan AHP dengan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan mengusulkan teknik *Multi Attribut Decission Making* ( MADM ) untuk mengatur ketersediaan suku cadang pada industri kertas di perkenalkan oleh Marcello Braglia & Andrea Grassi dan Roberto Montanari (2004).

Penelitian ini berusaha mengembangkan teknik MADM (Braglia, Grassi, & Montanari, 2004) dengan menambahkan logika *Fuzzy* dimana logika *Fuzzy* ini untuk

mengimbangi adanya dinamika dari jenis dan variasi dari suku cadang yang akan diklasifikasikan untuk mendapatkan model manajemen persediaan suku cadang di industri minyak dan gas bumi di Indonesia dengan mengambil referensi permasalahan suku cadang di salah satu perusahaan minyak yang beroperasi di Kalimantan Timur, Indonesia.

#### **4.1. Persediaan Suku Cadang**

Mayoritas dari tinjauan literatur tentang pengontrolan stok berfokus pada distribusi jaringan dan teknik peramalan yang dapat diandalkan dan digunakan untuk memprediksi permintaan. Dalam persediaan suku cadang, permintaan tidak bisa diprediksi dengan akurat dan pada saat mendesak menyediakan suku cadang adalah sangat mahal. Sistem ERP yang memiliki fungsi secara akurat menghitung *safety stock* dan *forecasting* tidak dapat digunakan untuk mengelola material *slow moving* dengan permintaan yang tak terduga seperti suku cadang ( Razi & Tarn, 2003, hlm 114).

Dalam pengontrolan suku cadang ada tiga situasi yang harus dibedakan yaitu:

- Suku cadang untuk fasilitas dan sistem produksi.
- Suku cadang untuk sistem perbaikan yang dipasang pada tempat pelanggan.
- Suku cadang untuk perbaikan di *workshop*.

Dari semua situasi tersebut diatas beberapa pertanyaan dasar yang terus dijawab adalah sebagai berikut:

- Suku cadang apa yang harus disimpan.
- Dimana suku cadang ini harus disimpan, dan
- Berapa banyak unit yang harus disimpan

Manajemen suku cadang harus bisa menemukan jawaban yang nyata dan efisien dari pertanyaan dasar diatas. Sangat sulit untuk mendapatkan metode standar dalam pengaturan ketersediaan suku cadang karena sering bersifat tiba - tiba, konsumsi yang tidak tentu dan rendah sehingga menyulitkan perencanaan kebutuhan sehingga penyediaan suku cadang menjadi mahal dan pelanggan yang sangat menuntut tersedianya suku cadang (Botter dan Fortuin, 2000). Tingkat kekritisan dari

suku cadang merupakan konsep yang sangat berguna dalam situasi yang kompleks, dalam hal ini mengindikasikan seberapa penting suku cadang tersebut apabila ada kerusakan atau kegagalan sistem. Secara umum sulit mendapatkan definisi yang tepat mengenai “*criticality*” karena dipengaruhi berbagai situasi lokal.

Menurut Botter dan Fortuin (2000), suku cadang dapat dibagi dalam dua kategori

- *Repairable*. Suku cadang yang secara teknis memungkinkan diperbaiki dan masih memiliki nilai ekonomis. Apabila terjadi kerusakan *parts* akan diganti yang baru dan yang rusak diperbaiki di pusat perbaikan.
- *Consumable*. Merupakan suku cadang yang secara teknis dan atau ekonomisnya tidak bisa diperbaiki. Dalam hal terjadi kerusakan maka digantikan dengan yang baru dan unit lama akan dibuang .

Menurut Braglia, Grassi dan Montanari (2004), ada dua pendekatan untuk menjawab pertanyaan dasar diatas, yaitu pemodelan matematika dan klasifikasi. Model matematika terlalu kompleks, abstrak atau disederhanakan. Klasifikasi sistem yang didasarkan pada metode ABC terkonsentrasi terutama pada isu-isu harga dan kuantitas sehingga membatasi kemampuan mereka untuk fokus pada atribut lainnya dari masing-masing bagian. Mengingat bahwa setiap bagian memiliki karakteristik yang berbeda, pemenuhan kebutuhan yang berbeda, ukuran yang berbeda, perbedaan karakteristik *obsolescence*, harga yang berbeda, sehingga pendekatan klasifikasi klasik adalah terbatas. Untuk mengatasi keterbatasan ini, metode klasifikasi multi atribut berdasarkan beberapa faktor manajemen dan didukung oleh sistem informasi perkenalkan dalam bentuk *multi-attribute spare tree analysis* atau MASTA.

#### **4.2. Multi-attribute Spare Tree Analysis**

Pendekatan MASTA berdasarkan dua tahapan, yang pertama mendapatkan kelas suku cadang berdasarkan *criticality* dengan menggunakan *logic tree* dan yang kedua masing-masing kelas yang berbeda disesuaikan dengan kemungkinan strategi manajemen persediaan yang ada dalam bentuk ‘*inventory management policy (IMP) matrix*’ (Braglia, Grassi dan Montanari, 2004). Berdasarkan matrik ini strategi

persediaan yang paling cocok untuk setiap item dapat di tentukan. Dengan kedua langkah pendekatan ini akan memastikan konsistensi dalam menentukan bagaimana strategi manajemen persediaan dari semua peralatan dari suatu fasilitas.

Dalam penelitian ini *Logic tree* dari MASTA diadopsi dari proses RCM dan *fuzzy-AHP*, sebagaimana diketahui bahwa dalam memilih strategi *maintenance* yang tepat RCM mengakomodasi berbagai aspek seperti *safety requierment*, *maintenance cost*, *cost of lost production*, *quality problem etc.* Seperti pada tahap pemilihan keputusan pada analisa RCM itulah ide dasar pengelompokan suku cadang ini dibentuk, berbagai aspek kebutuhan operasi diakomodasi seperti *production lost*, *safety*, *procurement problem*, *number of supplier* dan lain lain dalam bentuk diagram keputusan. Untuk mendukung proses seleksi yang menyeluruh, rasional dan pendekatan penyelesaian yang terstruktur digunakan beberapa model *fuzzy-AHP* yang diimplementasikan dan di integrasikan untuk setiap titik pada *decission tree*. Dengan jalan ini berbagai atribut yang berpotensi mempengaruhi kebijakan manajemen persediaan suku cadang dapat diakomodasi dengan mudah dan rasional.

Proses produksi pada industri minyak dan gas bumi di Indonesia sangat dipengaruhi oleh kondisi geografis, permasalahan lokal dan tumpang tindihnya aturan pemerintah sehingga penentuan dalam menentukan tingkat kekritisitas suku cadang ditentukan oleh lima kategori pokok sebagai berikut :

- *Spare part plant criticality*
- *Spare supply characteristic*
- *Procurement problem*
- *Inventory problem*
- *Usage rate*

Masing-masing kategori pokok tersebut mempunyai sub kategori dan nantinya akan pilih tingkat kekritisannya menjadi *critical*, *medium*, atau *desirable*.

#### **4.2.1. Reliability Centered Maintenance**

*Reliability centered maintenance* ( RCM ) dibangun pada industri pesawat terbang komersial untuk meningkatkan keselamatan dan kehandalan, pertama kali di publikasikan oleh departemen pertahanan Amerika pada tahun

1978, didefinisikan sebagai suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang seharusnya dilakukan untuk menjamin setiap aset fisik atau suatu sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsi yang diinginkan oleh penggunaannya (Handayani, 2009). RCM adalah tool yang unik dan digunakan oleh *reliability, safety* atau *maintenance engineers* dalam membuat rencana *maintenance* yang *optimum* dengan mendefinisikan kebutuhan dan langkah yang harus dilakukan dalam mencapai, mengembalikan atau memperbaiki kemampuan operasional dari suatu peralatan atau sistem. Implementasi proses RCM memerlukan aplikasi *decision logic* sebagai analisa sistematis dari *failure mode, rate, and criticality data* untuk mendapatkan pola perawatan paling efektif dari sebuah peralatan (Douglas dan Greg, 1987).

#### **4.2.1.1. Langkah-langkah Metodologi RCM**

Smith dan Hinchcliffe (2004) menyampaikan pentingnya failure mode dalam menyusun prioritas pada proses metodologi RCM, dengan langkah sebagai berikut :

a. Seleksi sistem dan pengumpulan informasi.

Pada tahap ini diidentifikasi sebagai *level of assembly* yang biasanya digunakan pada untuk analisa pada *level* sistem. Juga dikumpulkan sistem informasi yang akan digunakan pada tahap selanjutnya.

b. Mendefinisikan batasan sistem

Pada tahap ini *major equipment* yang masuk kedalam sistem diidentifikasi dengan batasan – batasan fisik primer.

c. Deskripsi sistem dan fungsional blok diagram.

Pada tahap ini dikembangkan lima item informasi :

1. *System description*, pada poin ini dalam proses analisa banyak informasi diambil berkaitan dengan apa itu sistem dan bagaimana mengoperasikannya.

2. *Functional block diagram*, merupakan representasi *level* atas dari fungsi utama dari suatu sistem dan bagian bagian blok merupakan subsistem dari sistem
  3. *IN/OUT interfaces*, berbagai elemen (tenaga listrik, sinyal, panas, cairan, gas, dll) dicatat sebagai IN/OUT interface dalam tahap ini.
  4. *System work breakdown structure (SWBS)*, SWBS digunakan untuk mendiskripsikan kumpulan dari daftar peralatan dari setiap fungsi sub sistem dari *functional block diagram*.
  5. *Equipment History*, untuk tujuan RCM, *equipment history* berasal dari kejadian kerusakan dari dua atau tiga tahun sebelumnya, yang dicatat dalam dokumen work order dalam melakukan kegiatan perbaikan
- d. *System function and functional failures.*  
Pada tahap ini fungsi fungsi dan pernyataan dari *functional failures* di definisikan untuk setiap fungsi sistem berdasarkan setiap *output interface*, yang fokus pada *loss of function*.
- e. *Failure mode and effect analysis*  
Pada tahap ini didefinisikan komponen mode kegagalan secara spesifik dan penyebab setiap kegagalan tersebut, juga konsekuensi setiap mode kegagalan didefinisikan kedalam tiga tingkatan yaitu pada *level* komponen, *level* sistem dan pada *plant level*.
- f. *Ranking of failure mode*  
Tujuan dari tahap ini adalah membuat peringkat pada mode kegagalan dalam rangka mendapatkan prioritas untuk mengalokasikan sumberdaya dari suatu organisasi *maintenance*.
- g. *Task selection*
- *The task selection process.* Pada tahap ini setiap mode kegagalan ditentukan daftar langkah-langkah yang memungkinkan, dan kemudian dipilih opsi berdasarkan biaya

yang paling efektif. Jika tidak ada langkah yang memungkinkan maka opsi yang dipilih hanya *Run to Failure (RTF)*.

- *Sanity check*. Pada tahap ini setiap mode kegagalan dengan RTF di cek apakah akan tetap RTF atau bisa dirubah ke model PM yang lain.
- *Task comparison*. Tahap ini membandingkan antara PM hasil RCM dengan PM yang sudah ada sebelumnya.

*h. Implementing ( carrying RCM to the floor )*

Pada tahap ini diimplementasikan RCM dalam bentuk paket langkah. Paket langkah ini adalah proses mengintegrasikan langkah PM yang ideal kedalam infrastruktur korporat yang ada saat ini dengan tujuan mendapatkan PM yang aplikatif dan biaya yang efektif dalam kegiatan operasional sehari hari (Kianfar 2010, hal 354).

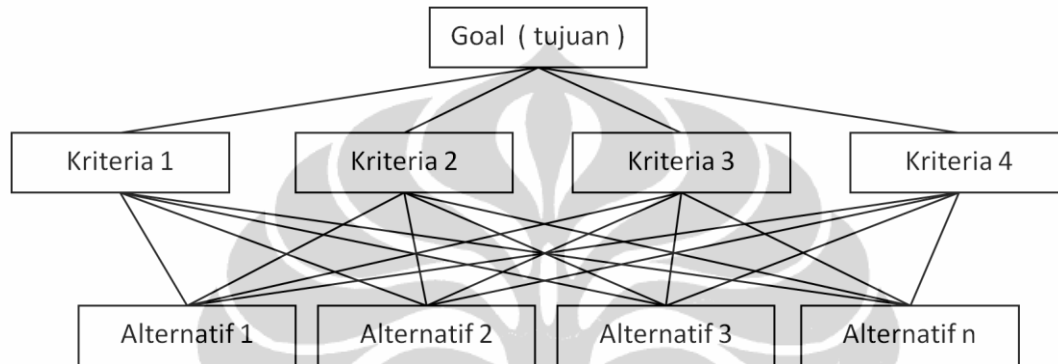
#### **4.2.2. Metode Analytic Hierarchy Process ( AHP )**

AHP merupakan suatu metoda untuk membuat ranking alternative keputusan dan memilih salah satu yang terbaik ketika pembuat keputusan memiliki berbagai macam kriteria. Pembuatan hirarki digunakan untuk menguraikan permasalahan menjadi bagian yang lebih kecil. Hirarki terdiri dari beberapa tingkat, tingkat paling atas adalah tujuan utama; tingkat kedua adalah kriteria; dan tingkat terakhir adalah risiko yang akan dinilai berdasarkan *consequence* (dampak) yang terjadi (Handayani, 2009).

Metoda AHP dikembangkan oleh Thomas L. Saaty dan merupakan alat pengambil keputusan yang menguraikan suatu permasalahan kompleks dalam struktur hirarki dengan banyak tingkatan yang terdiri dari tujuan, kriteria, sub kriteria dan alternative. Kekuatan dari metoda ini adalah kemampuan dalam menyelesaikan permasalahan yang kompleks. AHP tidak hanya membantu analisis mencapai keputusan terbaik, tetapi juga dapat menghasilkan pilihan



dengan tingkat rasional yang tinggi. Struktur AHP ditunjukkan seperti pada gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1. Hirarki Model AHP

Pada dasarnya, metoda AHP ini memecah-mecah suatu situasi yang kompleks, tidak terstruktur, kedalam bagian-bagian komponennya, menata bagian atau variabel ini dalam suatu susunan hierarki , memberi nilai numerik pada pertimbangan subyektif tentang relatif pentingnya setiap variabel dan mensintesis berbagai pertimbangan ini untuk menetapkan variabel mana yang memiliki prioritas paling tinggi dan bertindak untuk mempengaruhi hasil pada situasi tersebut. Thomas L.Saaty ( 1991) menjelaskan tiga prinsip dasar proses AHP (Handayani, 2009):

1. Menggambarkan dan menguraikan secara hierarki yang kita sebut menyusun secara hierarki – yaitu, memecah-mecah persoalan menjadi unsur-unsur yang terpisah –pisah.
2. Pembedaan prioritas dan sintesis, yang kita sebut penetapan prioritas,yaitu menentukan peringkat elemen-elemen menurut relatif pentingnya.

3. Konsistensi logis – yaitu, menjamin bahwa semua elemen dikelompokkan secara logis dan diperingkatkan secara konsistensi sesuai dengan suatu kriteria yang logis

Beberapa keuntungan dengan menggunakan proses analisa hirarki sebagai alat analisa adalah sebagai berikut Thomas L.Saaty (1991):

- Kesatuan : AHP memberi satu model tunggal yang mudah dimengerti, luwes untuk aneka ragam persoalan takterstruktur.
- Kompleksitas : AHP memadukan ancangan deduktif dan ancangan berdasarkan sistem dalam memecahkan persoalan kompleks.
- Penyusunan hierarki : AHP mencerminkan kecenderungan alami pikiran untuk memilah-milah elemen-elemen suatu sistem dalam berbagai tingkat berlainan dan mengelompokkan unsur yang serupa dalam setiap tingkat.
- Konsistensi: AHP melacak konsistensi logisdari pertimbangan-pertimbangan yang digunakan dalam menetapkan berbagai prioritas.
- Sintesis : AHP menuntun ke suatu taksiran menyeluruh tentang kebaikan setiap alternatif.
- Penilaian dan Konsensus : AHP tak memaksakan konsensus tetapi mensintesis suatu hasil yang representatif dari berbagai penilaian yang berbeda.
- Pengulangan Proses: AHP memungkinkan orang memperhalus definisi mereka pada suatu persoalan dan memperbaiki pertimbangan dan pengertian mereka melalui pengulangan.
- Tawar menawar : AHP mempertimbangkan prioritas-prioritas relatif dari berbagai faktor sistem dan memungkinkan orang memilih alternatif terbaik berdasarkan tujuan-tujuan mereka.

Untuk membuat AHP terdapat empat prosedur yang harus dilakukan yaitu pembentukan hierarki, *pair – wise comparison*, pengecekan konsistensi, dan evaluasi. Hierarki dibentuk untuk menyederhanakan suatu masalah yang rumit menjadi lebih terstruktur. Sebuah hierarki menunjukkan pengaruh tujuan dari

level atas sampai level paling bawah. Pembentukan hierarki dapat dilihat pada gambar berikut.

*Pair – Wise Comparison* merupakan perbandingan berpasangan yang digunakan untuk mempertimbangkan kriteria – kriteria keputusan dengan memperhitungkan hubungan antara kriteria dengan sub kriteria itu sendiri. Pengisian *Pair – Wise Comparison* ini dilakukan oleh para pakar (*expert*) melalui pembuatan kuesioner. Penilaian *Pair – Wise Comparison* dilakukan dengan menggunakan skala berdasarkan tingkat kepentingannya. Penilaian ini dapat dilihat pada tabel 2.1

Hasil pengisian *Pair – Wise Comparison* kemudian diolah untuk menentukan bobot pada setiap kriteria dalam menentukan alternatif keputusan. Menentukan rata-rata geometrik dilakukan jika terdapat multi partisipan maka nilai perbandingan sebelumnya (jawaban dari masing-masing partisipan) harus dirata-ratakan terlebih dahulu. Untuk itu, Saaty menyarankan untuk menggunakan *Metode Geometric Mean*.

*Geometric Mean* merupakan teori yang menyatakan bahwa jika terdapat n partisipan yang telah melakukan perbandingan berpasangan terhadap suatu topik yang sama, maka akan terdapat n jawaban/nilai numerik untuk setiap pasangan. Untuk mendapatkan satu nilai dari semua nilai tersebut, masing-masing nilai harus dikalikan satu sama lain kemudian hasil perkaliannya dipangkatkan dengan 1/n.

Dalam menentukan *geometric mean*, formulasi yang digunakan adalah:

$$GM = \sqrt[n]{\sum_{i=1}^n x_i} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

GM = *Geometric Mean*

X<sub>i</sub> = Atribut ke – I

n = Jumlah atribut

### 4.3. Fuzzy AHP

Metoda evaluasi AHP ternyata memiliki beberapa kelemahan seperti yang disampaikan oleh beberapa peneliti sebagai berikut:

- a. Askin & Gusin (2007) menyatakan bahwa *Analytical Hierarchy Process (AHP)* adalah salah satu cara terbaik untuk memutuskan antara struktur kriteria kompleks di tingkat yang berbeda. Fuzzy AHP adalah ekstensi sintetik metode AHP klasik ketika mempertimbangkan *fuzzines* dari para pengambil keputusan.
- b. Kulak & Kahraman (2005) menyampaikan bahwa pada kenyataan sebenarnya beberapa data dari keputusan bisa tepat dinilai sedangkan yang lain tidak, manusia kesulitan dalam membuat prediksi kuantitatif dan relatif efisien dalam membuat keputusan kualitatif (Kulak & Kahraman 2005).
- c. Leung & Chao (2000) menyatakan ketidakpastian dalam penilaian preferensi akan menimbulkan ketidakpastian dalam pemberian peringkat alternatif yang ada serta kesulitan dalam menentukan tingkat konsistensi dari preferensi (Kulak & Kahraman 2005).
- d. Bouyssou et al. (2000) menyampaikan teknik fuzzy AHP merupakan pengembangan metode AHP tradisional, meskipun AHP telah bisa menangani kriteria kualitatif dan kuantitatif dalam teknik pengambilan keputusan *multi-attribute*, ketidakjelasan yang ada dalam pengambilan keputusan akan memberikan kontribusi ketepatan dalam pengambilan keputusan dengan pendekatan AHP konvensional (Kulak & Kahraman 2005).
- e. Boender et al., 1989; Buckley, 1985/a, 1985/b, Chang, 1996; Laarhoven and Pedrycz, 1983; Lootsma, 1997; Ribeiro, 1996, mereka telah mempelajari fuzzy AHP dan mendapatkan bahwa fuzzy AHP relatif lebih baik dalam pengambilan keputusan dibandingkan dengan AHP tradisional (Kulak & Kahraman 2005).
- f. Cheng, et al, 1999 menyampaikan bahwa dalam sistem yang kompleks, pengalaman dan penilaian manusia diwakili oleh pola linguistik dan samar samar, oleh karena itu data linguistik ini bisa dibentuk dalam data kuantitatif dan kemudian disempurnakan oleh metode evaluasi dengan teori himpunan *fuzzy*. Disisi lain metode AHP terutama dipakai dalam aplikasi keputusan yang bersifat *nearly crips(non-fuzzy)* (Kulak & Kahraman 2005).

g. Askin & Guzin, 2007 menyampaikan bahwa metode AHP klasik dan *fuzzy* AHP bukan pesaing satu sama yang lain pada kondisi yang sama, poin penting adalah bahwa jika informasi/evaluasinya tertentu maka sebaiknya mengutamakan penggunaan AHP klasik, jika informasi/evaluasinya tidak yakin maka metode *fuzzy* sebaiknya digunakan. Dalam beberapa tahun terakhir karena karakteristik dari pembuat informasi dan pembuat keputusan terjadi kemungkinan penyimpangan maka kemungkinan penyimpangan tersebut harus diintegrasikan dalam proses pengambilan keputusan sehingga dikembangkan metode *fuzzy*, jadi metode *fuzzy* AHP adalah hasil alami dari kebutuhan ini.

Dengan demikian suatu cara yang dikembangkan untuk mampu mengatasi kelemahan AHP tersebut adalah pemakaian metode pembobotan yang merupakan pendekatan *fuzzy* yang diperluas dan diintegrasikan dengan AHP disebut *fuzzy*-AHP. Hal tersebut terjadi karena pendekatan *fuzzy* memungkinkan suatu deskripsi proses pembuatan keputusan lebih akurat dan menggambarkan secara matematis spesifik ketidakpastian dan keragu-raguan yang berhubungan dengan tidak adanya intrinsik untuk permasalahan kompleks. Sehingga metoda *fuzzy*-AHP merupakan pendekatan sistematis untuk menyeleksi alternative dan penilaian masalah melalui pemakaian konsep teori himpunan *fuzzy* dan analisa struktur AHP. Chang (1996) memperkenalkan metoda pendekatan baru untuk mengatasi *fuzzy*-AHP yaitu dengan menggunakan TFN untuk skala perbandingan berpasangan dan metoda *extent analysis* untuk nilai sintesis pada perbandingan berpasangan. Selain itu Kahraman memperkenalkan metoda kuantitatif dan subyektif *fuzzy* dimana pembobotan dengan AHP dan evaluasi pembobotan dengan *fuzzy*. Pada *fuzzy* AHP, alternative-alternatif diurutkan berdasarkan bobot keseluruhan melalui aplikasi peringkat *max-min*. Penjelasan tentang konsep-konsep dasar dari *fuzzy* AHP dijelaskan pada paragraf berikut (Handayani, 2009).

### **2.3.1 Triangular Fuzzy Number (TFN)**

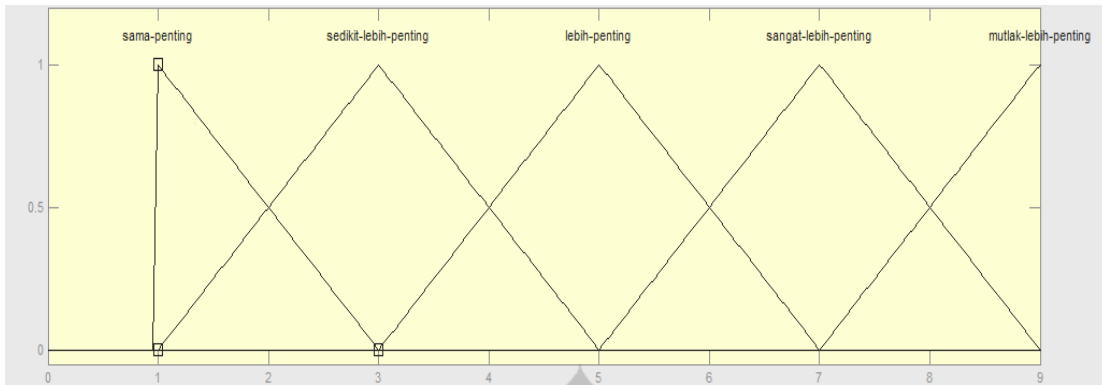
Teori himpunan *fuzzy* yang membantu dalam pengukuran konsep iniguitas yang berhubungan dengan penilaian subjektif manusia memakai linguistik bilangan *triangular fuzzy* (TFN). TFN ini dikembangkan untuk

menggambarkan variable-variabel linguistik secara pasti. TFN juga berguna untuk menggambarkan dan memproses informasi dalam lingkup *fuzzy*. Inti dari metode *fuzzy* AHP yang terletak pada perbandingan berpasangan yang menjelaskan perubahan relative antara pasangan atribut keputusan dalam suatu hirarki yang sama, maka perbandingan tersebut digambarkan dengan skala rasio yang berhubungan dengan nilai skala *fuzzy*. Bilangan *triangular fuzzy* disimbolkan  $\tilde{M}$  dan ketentuan fungsi keanggotaan untuk 5 skala variable linguistik dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 2.1 Skala *Fuzzy* dan Gambaran Linguistik Kepentingan Relative Antara 2 Kriteria.

Intensitas Skala Fuzzy	Kebalikan Skala Fuzzy	Definisi Variable Linguistik
1 = (1,1,3)	(1/3,1/1,1/1)	Dua criteria mempunyai kepentingan yang sama
3 = (1,3,5)	(1/5,1/3,1/1)	Satu kriteria sedikit lebih penting dari yang lain
5 = (3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)	Satu kriteria lebih penting dari yang lain
7 = (5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)	Satu kriteria sangat lebih penting dari yang lain
9 = (7,9,9)	(1/9,1/9,1/7)	Satu kriteria mutlak lebih penting dari yang lain
2 = (1,2,4)	(1/4,1/2,1/1)	Nilai tengah antara dua penilaian
4 = (2,4,6)	(1/6,1/4,1/2)	
6 = (4,6,8)	(1/8,1/6,1/4)	
8 = (6,8,9)	(1/9,1/8,1/6)	

Berdasarkan nilai *fuzzy* tersebut dapat digambarkan fungsi keanggotaannya sebagai berikut :



Gambar 2.2 Fungsi Keanggotaan Skala Variable Linguistik

Ketentuan untuk nilai-nilai intensitas skala fuzzy seperti Tabel 2.2 dapat dilihat pada tabel berikut:

Table 2.2 Ketentuan Fungsi Keanggotaan Bilangan *Fuzzy*

Bilangan <i>Fuzzy</i>	Fungsi Keanggotaan
$\tilde{1}$	(1, 1, 3)
$\tilde{2}$	(1, 2, 4)
$\tilde{x}$	$(x-2, x, x+2) = (3, 5, 7)$
$\tilde{8}$	(6, 8, 9)
$\tilde{9}$	(7, 9, 9)

Berikut ini terdapat aturan-aturan operasi aritmatika bilangan triangular fuzzy jika kita misalkan terdapat 2 TFN yaitu  $M_1 (l_1, m_1, u_1)$  dan  $M_2 (l_2, m_2, u_2)$ .

$$M_1 + M_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$$

$$M_1 \otimes M_2 = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2)$$

$$\lambda \otimes M_2 = (\lambda l_2, \lambda m_2, \lambda u_2) \tag{2.1}$$

$$M1^{-1} = (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1)$$

$$M_1 : M_2 = (l_1/u_2, m_1/m_2, u_1/l_2)$$

### 2.3.2 Analisa Fuzzy Synthetic Extent

Analisa *synthetic extent* dipakai untuk memperoleh perluasan suatu obyek dalam memenuhi tujuan yang disebut *satisfied extent*. Jika  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$  merupakan sekumpulan kriteria sebanyak  $n$  dan  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$  merupakan sekumpulan atribut keputusan sebanyak  $m$ , maka  $M_{ci}^1, M_{ci}^2, \dots, M_{ci}^m$  adalah nilai *extent analysis* pada  $i$ -kriteria dan  $m$ -atribut keputusan dimana  $i = 1, 2, \dots, n$  dan untuk semua  $M_{ci}^j$  ( $j=1,2,\dots, m$ ) merupakan bilangan *triangular fuzzy*.

Langkah-langkah model *extent analysis* yaitu:

1. Nilai *fuzzy synthetic extent* untuk  $i$ -objek didefinisikan sebagai berikut:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (2.2)$$

Untuk memperoleh  $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ , maka dilakukan operasi penjumlahan nilai *fuzzy extent analysis* ( $m$ ) untuk matriks sebagian dimana menggunakan operasi penjumlahan seperti rumus 2.1 pada tiap-tiap bilangan *triangular fuzzy* dalam setiap baris seperti formula berikut:

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left( \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (2.3)$$

Sedangkan untuk nilai  $[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]$  dapat dijabarkan dengan rumus berikut yang merupakan operasi penjumlahan untuk keseluruhan bilangan *triangular fuzzy* dalam matriks keputusan ( $n \times m$ ), perumusannya adalah:

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right] = \left( \sum_{j=1}^m l_i, \sum_{j=1}^m m_i, \sum_{j=1}^m u_i \right) \quad (2.4)$$

Dan untuk menghitung invers dari persamaan (2.4) yaitu:



$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (2.5)$$

2. Perbandingan tingkat kemungkinan antara bilangan *fuzzy*.

Pertimbangan dari prinsip perbandingan ini untuk perkiraan sekumpulan nilai bobot pada masing-masing kriteria. Sebagai contoh adalah 2 bilangan *fuzzy*  $M_1$  dan  $M_2$  dengan tingkat kemungkinan ( $M_1 \geq M_2$ ) dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$V(M_1 \geq M_2) = \sup_{y \geq x} [\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y)] \quad (2.6)$$

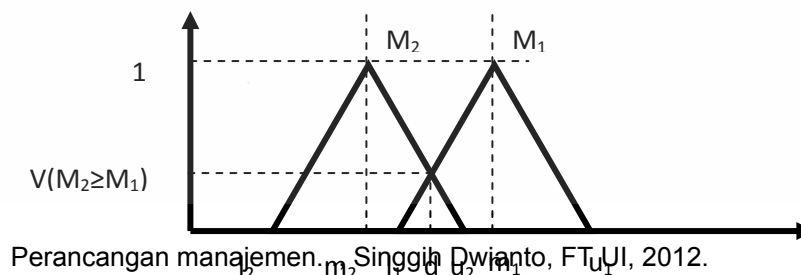
Dimana sup adalah supremum (batas teratas himpunan yang paling kecil). Jika pasangan  $(x, y)$  dimana  $x \geq y$  dan  $\mu_{M_1}(x) = \mu_{M_2}(y) = 1$  maka  $V(M_1 \geq M_2) = 1$  dan  $V(M_2 \geq M_1) = 0$ . Apabila  $M_1 (l_1, m_1, u_1)$  dan  $M_2 (l_2, m_2, u_2)$  merupakan bilangan *fuzzy convex* dapat diperoleh ketentuan berikut:

$$\begin{aligned} V(M_1 \geq M_2) &= 1 \text{ iff } m_1 \geq m_2 \\ V(M_2 \geq M_1) &= \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_1}(x_d) \end{aligned} \quad (2.7)$$

Dimana *iff* menyatakan 'jika dan hanya jika' dan  $d$  merupakan ordinat titik perpotongan tertinggi antara  $\mu_{M_1}$  dan  $\mu_{M_2}$ . Titik dimana ordinat  $d$  berada adalah  $x_d$  dan *hgt* merupakan tinggi bilangan *fuzzy* perpotongan  $M_1$  dan  $M_2$ . Tingkat kemungkinan untuk bilangan *fuzzy* konveks dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} V(M_2 \geq M_1) &= 1, && \text{jika } m_2 \geq m_1 \\ &= 0, && \text{jika } l_1 \geq u_2 \\ &= \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} && \text{untuk kondisi lain} \end{aligned} \quad (2.8)$$

Perumusan untuk perbandingan 2 bilangan *fuzzy* tersebut dapat digambarkan secara grafik seperti gambar 2.3.



Gambar 2.3 Perpotongan antara M1 dan M2

3. Tingkat kemungkinan untuk bilangan *fuzzy convex* M lebih baik dibandingkan sejumlah k bilangan *fuzzy convex*  $M_i$  ( $i=1,2,\dots,k$ ) dapat ditentukan dengan menggunakan operasi max dan min dan dirumuskan:

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) &= V[(M \geq M_1) \text{ dan } (M \geq M_2), \dots, (M \geq M_k)] \\ &= \min V (M \geq M_i) \end{aligned} \quad (2.9)$$

Dengan  $I = 1, 2, 3, \dots, k$ .

Jika diasumsikan bahwa  $d^1(A_i) = \min V (S_i \geq S_k)$  untuk  $k = 1, 2, \dots, n$ ;  $k \neq i$  maka vector bobot didefinisikan:

$$W^1 = (d^1(A_1), d^1(A_2), \dots, d^1(A_n))^T \quad (2.10)$$

Dimana :  $A_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) adalah n elemen dan  $d^1(A_i)$  adalah nilai yang menggambarkan pilihan relative masing-masing atribut keputusan.

### 2.3.3 Normalisasi

Normalisasi vektor bobot penting dilakukan tidak hanya memudahkan interpretasi tapi juga untuk solusi unik beberapa metode seperti metode *logarithmic least square*. Normalisasi terdiri dari 2 cara yaitu pembagian (*division*) dan geometris. Normalisasi pembagian menggunakan operasi penjumlahan dan pembagian. Sedangkan normalisasi geometris memakai konsep rata-rata geometris. Dari kedua cara tersebut yang lebih mudah, tepat dan banyak digunakan adalah normalisasi pembagian. Jika vektor bobot tersebut di atas dinormalisasi maka akan diperoleh definisi vektor bobot berikut:

$$V = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (2.11)$$

Perumusan normalisasinya adalah:

$$d(A_n) = \frac{d'(A_n)}{\sum_{i=1}^n d'(A_n)} \quad (2.12)$$

Normalisasi bobot ini dilakukan agar nilai dalam vektor diperbolehkan menjadi analog bobot yang ditetapkan dari metoda AHP dan terdiri dari bilangan yang bukan *fuzzy*.

#### 2.4 Aplikasi Langkah-Langkah Perhitungan *Fuzzy* AHP

Penggunaan *fuzzy* AHP dalam menentukan bobot penilaian dapat dijelaskan pada langkah-langkah berikut:

- a. Menyusun dan membuat suatu struktur hirarki dari permasalahan yang ada.
- b. Menentukan penilaian perbandingan berpasangan antara kriteria-kriteria dan alternatif-alternatif dari tujuan hirarki.
- c. Mengubah bobot penilaian perbandingan berpasangan ke dalam bilangan *triangular fuzzy* seperti dijelaskan pada Tabel 2.1
- d. Apabila dalam menilai perbandingan berpasangan tersebut menggunakan lebih dari satu responden maka dilakukan penggabungan perbandingan berpasangan tersebut dengan membuat rata-rata bilangan *fuzzy* untuk beberapa responden tersebut agar diperoleh matriks berpasangan, perhitungan rata rata dilakukan dengan perhitungan *geometric mean*.
- e. Dari matriks tersebut ditentukan nilai *fuzzy synthetic extent* untuk tiap tiap kriteria dan alternatif sesuai dengan persamaan 2.2.
- f. Membandingkan nilai *fuzzy synthetic extent* dengan persamaan 2.7.
- g. Dari hasil perbandingan nilai *fuzzy synthetic extent* maka diambil nilai minimumnya seperti yang dijelaskan pada persamaan 2.8.
- h. Perhitungan normalisasi vektor bobot dari nilai minimum pada langkah g.

Untuk lebih memahami langkah-langkah *fuzzy* AHP di atas maka diberikan contoh berikut dimana jika terdapat data perbandingan berpasangan dari 2 orang responden (pengambil keputusan) yang memberikan penilaian terhadap tiap-tiap kriteria dan alternatif. Misal: data penilaian perbandingan berpasangan antara kriteria utama dalam suatu tujuan permasalahan dengan kriteria A1, A2, A3. Data penilaian tersebut dapat dilihat seperti berikut:

Responden 1

Kriteria	A1	A2	A3
A1	1	$\frac{1}{2}$	1
A2	2	1	3
A3	1	$\frac{1}{3}$	1

Responden 2

Kriteria	A1	A2	A3
A1	1	3	$\frac{1}{4}$
A2	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{2}$
A3	4	2	1

Data dari 2 orang responden di atas diubah menjadi bilangan TFN seperti yang dijelaskan pada langkah 3, sehingga matriks perbandingan berpasangan menjadi:

Responden 1

Kriteria	A1	A2	A3
A1	(1,1,1)	( $\frac{1}{4}$ , $\frac{1}{2}$ , $\frac{1}{1}$ )	( $\frac{1}{3}$ , $\frac{1}{1}$ , $\frac{1}{1}$ )
A2	(1,2,4)	(1,1,1)	(1,3,5)
A3	(1,1,3)	( $\frac{1}{5}$ , $\frac{1}{3}$ , $\frac{1}{1}$ )	(1,1,1)

Responden 2

Kriteria	A1	A2	A3
A1	(1,1,1)	(1,3,5)	( $\frac{1}{6}$ , $\frac{1}{4}$ , $\frac{1}{2}$ )
A2	( $\frac{1}{5}$ , $\frac{1}{3}$ , $\frac{1}{1}$ )	(1,1,1)	( $\frac{1}{4}$ , $\frac{1}{2}$ , $\frac{1}{1}$ )
A3	(2,4,6)	(1,2,4)	(1,1,1)

Kemudian dari kedua data tersebut digabung dan dihitung rata-ratanya sehingga diperoleh matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria utama yaitu dengan cara berikut:

Jika diambil perbandingan  $A_1$  terhadap  $A_2$  maka diperoleh hasil rata-ratanya yaitu dengan menggunakan perumusan operasi aritmatika seperti yang ada pada persamaan 1.

$$[(1/4, 1/2, 1/1) \otimes (1, 3, 5)] \otimes 1/2 = (5/4, 7/2, 6) \otimes 1/2 \\ = (5/8, 7/4, 3)$$

Dengan perhitungan seperti di atas maka diperoleh matriks berpasangannya:

Kriteria	A1	A2	A3
A1	(1,1,1)	(5/8,7/4,3)	(1/4,5/8,3/4)
A2	(3/5,7/6,5/2)	(1,1,1)	(5/8,7/4,3)
A3	(3/2,5/2,9/2)	(3/5,7/6,5/2)	(1,1,1)

Dari matriks berpasangan, selanjutnya dihitung nilai *fuzzy synthetic extent* untuk tiap kriteria utama seperti berikut:

$$S_{A1} = (1,875 \ 3,375 \ 4,75) \otimes \begin{pmatrix} \frac{1}{7,2} & \frac{1}{11,96} & \frac{1}{19,25} \end{pmatrix} = (0,26 \ 0,28 \ 0,25)$$

$$S_{A2} = (2,225 \ 3,917 \ 6,5) \otimes \begin{pmatrix} \frac{1}{7,2} & \frac{1}{11,96} & \frac{1}{19,25} \end{pmatrix} = (0,31 \ 0,33 \ 0,34)$$

$$S_{A3} = (3,1 \ 4,67 \ 12,7) \otimes \begin{pmatrix} \frac{1}{7,2} & \frac{1}{11,96} & \frac{1}{19,25} \end{pmatrix} = (0,43 \ 0,39 \ 0,66)$$

Nilai *fuzzy synthetic extent* yang telah diperoleh kemudian dibandingkan seperti persamaan 2.7 dan perhitungannya dapat dilihat berikut ini:

$$V(S_{A1} \geq S_{A2}) = \frac{0,31 - 0,25}{(0,28 - 0,25) - (0,33 - 0,31)} = 6$$

$$V(S_{A1} \geq S_{A3}) = \frac{0,43 - 0,25}{(0,28 - 0,25) - (0,39 - 0,43)} = 2,6$$

$$V(S_{A2} \geq S_{A3}) = \frac{0,43 - 0,34}{(0,33 - 0,34) - (0,39 - 0,43)} = 3$$

$$V(S_{A2} \geq S_{A1}) = 1$$

$$V(S_{A3} \geq S_{A1}) = 1$$

$$V(S_{A3} \geq S_{A2}) = 1$$

Nilai-nilai *fuzzy synthetic extent* yang diperoleh dapat diperlihatkan berikut ini dimana dari nilai-nilai tersebut diambil nilai minimumnya menjadi vektor bobot dari masing-masing kriteria.

Kriteria	$S_{A1} \geq$	$S_{A2} \geq$	$S_{A3} \geq$
$S_{A1}$		6	2,6
$S_{A2}$	1		3
$S_{A3}$	1	1	
Nilai Minimum	1	1	2,6

Selanjutnya vektor bobot yang diperoleh yaitu (1 1 2,6). Untuk memperoleh vektor bobot yang bukan bilangan *fuzzy* sebagai vektor bobot akhir untuk masing-masing kriteria dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Bobot } A_1 = \frac{1}{(1 + 1 + 2,66)} = 0,22$$

Untuk bobot  $A_2$  dan  $A_3$  juga dihitung seperti perhitungan bobot  $A_1$  dan bobot akhir untuk masing-masing kriteria tersebut adalah (0,22 0,22 0,57). Dari bobot akhir tiap kriteria tersebut terlihat bahwa bobot  $A_3$  lebih besar dari dua kriteria lainnya yaitu sebesar 0,57 (Handayani, 2009).

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.2. Pengumpulan Data

##### 3.1.1. Industri Minyak dan Gas Indonesia

###### 3.2.1.1. Sejarah

Sejak jaman pemerintahan kolonial Belanda, di Indonesia sudah dilakukan eksplorasi dan produksi minyak bumi. Pengusahaan minyak bumi di Indonesia memang tergolong yang tertua di dunia. Pengeboran minyak pertama di Indonesia, yang dilakukan oleh J Reerink pada tahun 1871, hanya berselang dua belas tahun setelah pengeboran minyak pertama di dunia, di negara bagian Pensilvania, Amerika Serikat. Meskipun demikian, berbeda halnya dengan sektor perkebunan dan pertanian yang sudah ratusan tahun diperah, sektor pertambangan baru dikembangkan oleh Belanda pada abad ke-19. Dua abad lebih setelah VOC didirikan, sektor pertambangan belum menjadi andalan pendapatan pemerintah kolonial. Hal ini bisa dilihat dari adanya *Indische Mijnwet*, produk undang-undang pertambangan pertama, yang baru dibuat oleh Belanda pada tahun 1899.

Pada pertengahan abad ke-19, *Corps of the Mining Engineers*, suatu institusi Belanda, telah melaporkan penemuan minyak pada dekade 1850-an, antara lain di Karawang tahun 1850, Semarang tahun 1853, Kalimantan Barat tahun 1857, Palembang tahun 1858, Rembang dan Bojonegoro tahun 1858, Surabaya dan Lamongan tahun 1858. Temuan minyak terus berlanjut pada dekade berikutnya, antara lain di daerah Demak tahun 1862, Muara Enim tahun 1864, Purbalingga tahun 1864 dan Madura pada tahun 1866.

Cornelis de Groot, yang saat itu menjabat sebagai *Head of the Department of Mines*, pada tahun 1864 melakukan tinjauan hasil

eksplorasi dan melaporkan adanya area yang prospektif. Lapornya itulah yang dianggap sebagai *milestone* sejarah perminyakan Indonesia (Casdira, 2010).

Sosok Belanda lainnya yang cukup dikenal di dalam *milestone* perminyakan Indonesia adalah J. Reerink, yang menemukan adanya rembesan minyak di daerah Majalengka, daerah di lereng Gunung Ciremai, sebelah barat daya kota Cirebon. Minyak tersebut merembas dari lapisan batuan tersier yang tersingkap ke permukaan. Berdasarkan temuan itu, ia lalu melakukan pengeboran minyak pertama di Indonesia pada tahun 1871. Pengeboran pertama ini memanfaatkan tenaga hewan lembu. Total sumur yang dibor sebanyak empat sumur, dan menghasilkan 6000 liter minyak bumi yang merupakan produksi minyak bumi pertama di Indonesia.

Keberhasilan J. Reerink menemukan minyak, meskipun secara keekonomian tidak komersial, menjadi tonggak berkembangnya pemboran minyak di Indonesia. Selama periode 1882 – 1898, telah dilakukan pemboran di daerah-daerah lainnya seperti di Langkat (Sumatra Utara), Surabaya (Jatim), Kutai (Kaltim) dan Palembang (Sumsel). Era ini disebut juga era pionir, sekaligus sebagai awal pengelolaan minyak bumi secara sistematis melalui badan usaha, yang menjadi cikal bakal perusahaan minyak Belanda.

Aeilko Janszoon Zeilker merupakan orang pertama yang memperoleh konsesi di daerah Telaga Said, Langkat, Sumatra Utara seluas 500 bahu (3,5 km persegi), dari Sultan Langkat pada tahun 1883. Lapangan itu ia temukan pada saat inspeksi dan menemukan genangan yang tercampuri minyak bumi. Setahun kemudian, lapangan ini mulai berproduksi pada tahun 1884 dan menghasilkan 8000-an liter minyak bumi. Untuk mendukung pengembangan usaha minyak di lapangan ini, maka dibangunlah jaringan pipa dan kilang minyak oleh Jean Baptist August, sepeninggal Zeilker. Kilang minyak Pangkalan Brandan tersebut



selesai dibangun pada tahun 1892. Enam tahun setelahnya, tahun 1898, tangki-tangki penimbunan dan fasilitas pelabuhan dibangun di Pangkalan Susu. Dengan demikian, minyak mentah yang dihasilkan dapat diolah terlebih dahulu sebelum dikapalkan. Pelabuhan Pangkalan Susu merupakan pelabuhan ekspor minyak pertama di Indonesia.

Pada tahun 1890, Belanda secara resmi mendirikan perusahaan minyak di Indonesia yang diberi nama *NV Koninklijke Nederlandsche Petroleum Maatschappij*, atau Royal Dutch Petroleum Company. Sebelum itu, di negeri Belanda sendiri telah dibentuk *Doordsche Petroleum Maatschappij* pada tahun 1887, oleh Adriaan Stoop, untuk mengembangkan lapangan minyak di Surabaya, Jawa Timur. Stoop memperoleh konsesi seluas 152,5 km persegi. Lapangan Kruka merupakan lapangan tertua di daerah ini. Dari lapangan Djabakota berhasil diproduksi sekitar 8000-an liter minyak bumi. Stoop kemudian membangun kilang Wonokromo pada tahun 1890 – 1891 untuk mengolah minyak mentah yang dihasilkan. Kilang ini merupakan yang tertua di Pulau Jawa. Sejak itu, banyak berkembang konsesi-konsesi di Jawa, antara lain di daerah Gunung Kendeng, Bojonegoro, Rembang, Jepon dan lain-lain. Totalnya sekitar tiga puluh lapangan. Sejalan dengan pengembangan lapangan-lapangan itu, didirikan pula kilang di Cepu, Bojonegoro.

Di Kalimantan, pengelolaan minyak bumi dimulai ketika Sultan Kutai memberikan konsesi kepada Jacobus Hubertus Menten, pada tahun 1888. Pada tahun 1893, Lapangan Sanga-Sanga mulai berproduksi. Selanjutnya dibangunlah kilang Balikpapan pada tahun 1894. Produksi komersialnya sendiri baru dicapai pada tahun 1897. Pengapalan minyak pertama terjadi pada tahun 1898 oleh kapal tanker Shell ke Singapura.

Di Sumatra Selatan, eksplorasi produksi dimotori oleh Dominicus Antonius Josephin Kessler dan Jan Willem Ijzerman. Mereka berdua mendirikan *Nederlandsche Indische Exploratie Maatschappij* pada tahun

1895, untuk mengelola konsesi yang ada di daerah Banyuasin dan Jambi. Seiring dengan bertambah banyaknya jumlah konsesi mereka, maka pada tahun 1897 dibentuk *Sumatera–Palembang Petroleum Maatschappij*, yang masih menjadi bagian *Royal Dutch*. Selanjutnya dibangunlah kilang mini di daerah Bayung Lencir. Penemuan lainnya yaitu di daerah Lematang Ilir dan Muara Enim, Sumatra Selatan, untuk selanjutnya kemudian dibentuk *Muara Enim Petroleum Maatschappij*. JW Ijzerman juga kemudian membangun kilang yang cukup besar di Plaju, bersamaan dengan pembangunan jaringan pipa yang menghubungkan Muara Enim dengan Kilang Plaju tersebut.

Pada masa itu, terdapat dua perusahaan besar yang berperan sebagai leader, yakni Royal Dutch dan Shell. Royal Dutch bergerak di bidang eksplorasi, produksi dan pengilangan. Sedangkan Shell, perusahaan raksasa Belanda lainnya, bergerak di bidang usaha transportasi dan pemasaran. Kedua perusahaan besar ini kemudian merger pada tahun 1907 menjadi Royal Dutch – Shell Group, yang kemudian dikenal dengan Shell. Di bawah group ini dibentuklah *De Bataafsche Petroleum Mij* (BPM) untuk produksi dan pengilangan dan Anglo Saxon Petroleum Coy untuk transportasi dan pemasaran (Casdira, 2010).

Berdirinya Royal Dutch Company pada tahun 1890, tidak terlepas dari upaya Zeilker yang berhasil menemukan minyak secara komersial di Telaga Said, Sumatra Utara. Atas temuan komersialnya itu, Zeilker lalu berangkat ke Belanda untuk menandatangani proposal pendirian perusahaan minyak terbesar di Hindia Belanda yang berpusat di Pangkalan Brandan. Dia sendiri lalu ditunjuk untuk memimpin perusahaan itu. Pada tahun itu juga, ia wafat dan digantikan oleh De Gelder, yang bertugas mengembangkan lapangan-lapangan baru. Sementara itu, Shell, perusahaan yang didirikan oleh Marcus Samuel pada tahun 1897, pada awalnya hanya merupakan perusahaan yang

menjual kulit kerang di kota London. Komoditas pertamanya inilah yang dijadikan logo perusahaan hingga kini.

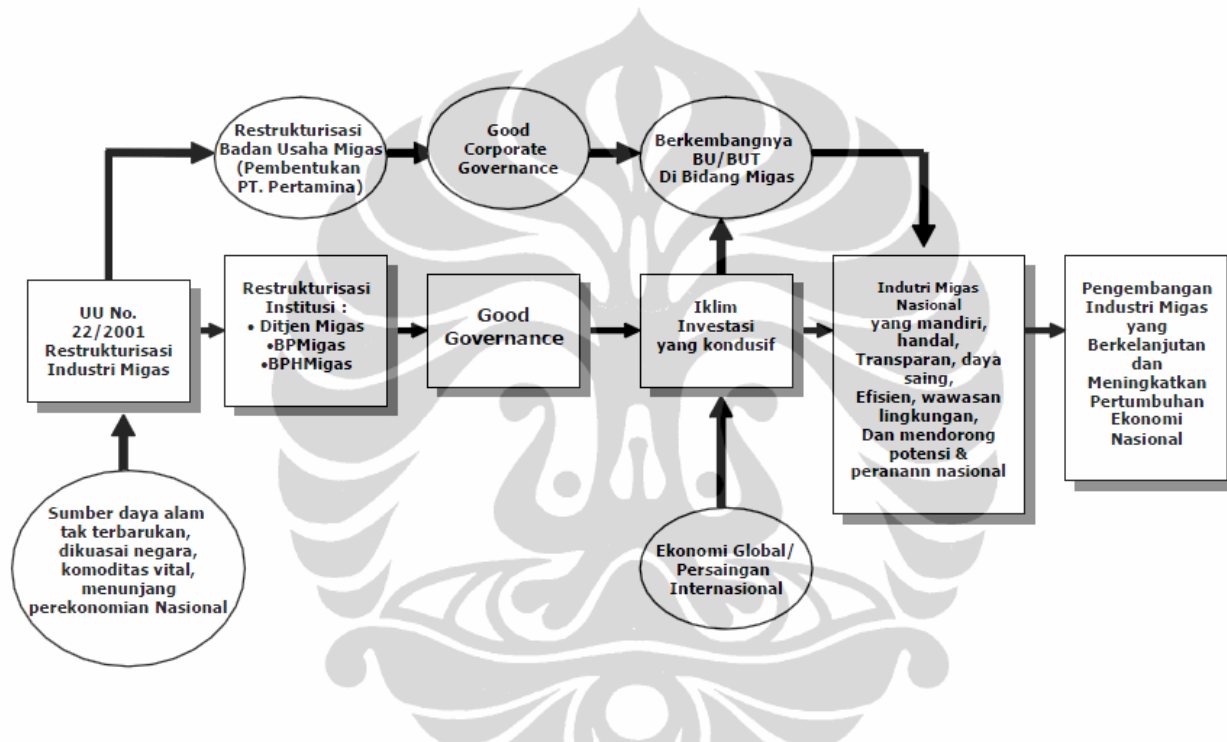
Masuknya kartel-kartel raksasa minyak dunia dalam industri migas di Hindia Belanda diawali dengan terbitnya undang-undang pertambangan (*Indische Mijnwet*) pada tahun 1899. Undang-undang ini memperbolehkan pihak swasta untuk terlibat di dalam pengusahaan minyak bumi, setelah sebelumnya pemerintah kolonial melarang keterlibatan pihak swasta. Standard Oil of New Jersey (SONJ), yang merupakan perusahaan swasta pertama, datang ke Hindia Belanda pada tahun 1912. Mereka lalu mendirikan anak perusahaan bernama *Nederlandsche Koloniale Petroleum Maatschappij* (NKPM). Hanya berselang sepuluh tahun, perusahaan itu mampu memproduksi hingga 10 – 20 ribu barel per hari dari sumur Talang Akar. Keberhasilan ini mendorong NKPM membangun kilang di Sungai Gerong pada tahun 1926.

Pada tahun 1924, Standard Oil of California (Socal), grup Standard Oil yang lainnya, datang ke Hindia Belanda. Socal kemudian bergabung dengan Texaco dan mendirikan perusahaan *joint venture* bernama NPPM (*Nederlandsche Pasific Petroleum Maatschappij*). Pengeboran pertama mereka lakukan pada tahun 1935 di Blok Sebangga, sekitar 65 km utara Pekan Baru, dan menghasilkan minyak meskipun tidak terlalu besar. Penemuan besar mereka terjadi pada tahun 1944, pada saat ahli geologi NPPM melakukan pengeboran di Sumur Minas-1. Penemuan inilah yang merupakan cikal bakal penguasaan Chevron terhadap cadangan minyak terbesar di Indonesia saat ini (Casdira, 2010).

### **3.2.1.2. Industri Minyak Dan Gas Indonesia**

Dalam rangka meningkatkan peranan sub sektor migas dalam upaya memulihkan perekonomian, maka pemerintah bersama Dewan Perwakilan Rakyat telah menetapkan Undang-undang Nomor 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi yang merupakan landasan hukum

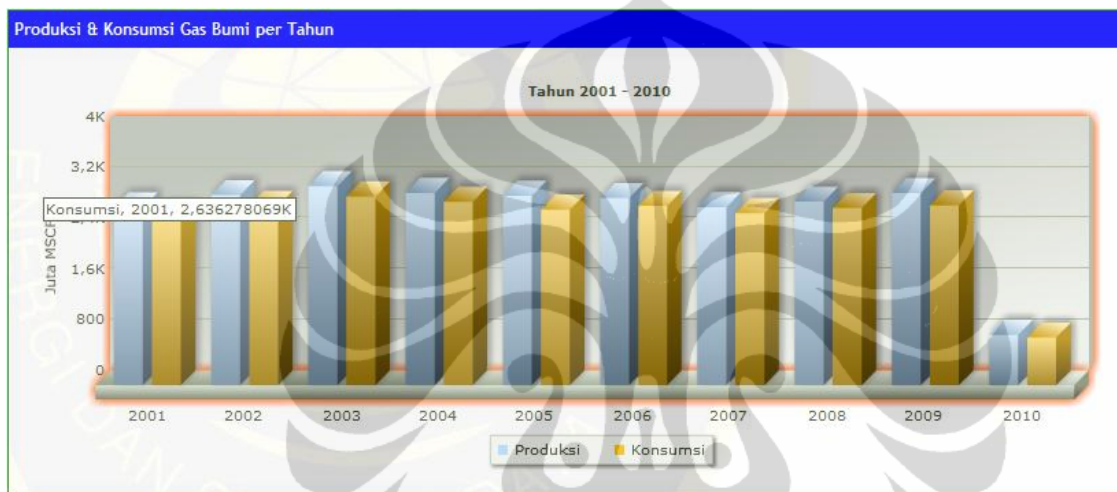
bagi penataan atas penyelenggaraan pembinaan, pengawasan, pengaturan, dan pelaksanaan dari kegiatan perusahaan minyak dan gas bumi di Indonesia, sehingga tercipta kegiatan usaha minyak dan gas bumi yang mandiri, transparan, berdaya saing, efisien dan berwawasan lingkungan, serta mendorong perkembangan potensi dan peranan nasional, seperti digambarkan kedalam alur pikir berikut (Dept ESDM RI, 2005):



Gambar 3.1 Alur Pikir Pengembangan Industri Minyak dan Gas Bumi Nasional.  
Sumber : Undang-undang Nomor 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi



Gambar 3.2 Produksi, Konsumsi, Ekspor, Impor Minyak Bumi Pertahun.  
[http://dtwh2.esdm.go.id/dtwh3/mod\\_pri/index.php?page=detail\\_og\\_prod\\_dom\\_eks\\_imp\\_tahun\\_ft](http://dtwh2.esdm.go.id/dtwh3/mod_pri/index.php?page=detail_og_prod_dom_eks_imp_tahun_ft)



Gambar 3.3 Produksi dan Konsumsi Gas Bumi Pertahun.  
[http://dtwh2.esdm.go.id/dtwh3/mod\\_pri/index.php?page=detail\\_ng\\_prod\\_dom\\_tahun\\_ft](http://dtwh2.esdm.go.id/dtwh3/mod_pri/index.php?page=detail_ng_prod_dom_tahun_ft)

#### 3.2.1.2.1. Asas dan Tujuan

Penyelenggaraan kegiatan usaha minyak dan gas bumi yang diatur dalam Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2001 berasaskan ekonomi kerakyatan, keterpaduan, manfaat, keadilan, keseimbangan, pemerataan, kemakmuran bersama dan kesejahteraan rakyat banyak, keamanan, keselamatan, dan kepastian hukum serta berwawasan lingkungan.

Penyelenggaraan kegiatan usaha minyak dan gas bumi bertujuan:

1. Menjamin efektivitas pelaksanaan dan pengendalian kegiatan usaha eksplorasi dan eksploitasi secara berdaya guna, berhasil

- guna, serta berdaya saing tinggi dan berkelanjutan atas minyak dan gas bumi milik negara yang strategis dan tidak terbarukan melalui mekanisme yang terbuka dan transparan;
2. Menjamin efektivitas pelaksanaan dan pengendalian usaha pengolahan, pengangkutan, penyimpanan, dan niaga secara akuntabel yang diselenggarakan melalui mekanisme persaingan usaha yang wajar, sehat dan transparan;
  3. Menjamin efisiensi dan efektivitas tersedianya minyak bumi dan gas bumi, baik sebagai sumber energi maupun sebagai bahan baku, untuk kebutuhan dalam negeri;
  4. Mendukung dan menumbuh kembangkan kemampuan nasional untuk lebih mampu bersaing di tingkat nasional, regional, dan international;
  5. Meningkatkan pendapatan negara untuk memberikan kontribusi yang sebesar-besarnya bagi perekonomian nasional dan mengembangkan serta memperkuat posisi industri dan perdagangan Indonesia;
  6. Menciptakan lapangan kerja, meningkatkan kesejahteraan dan kemakmuran rakyat yang adil dan merata, serta tetap menjaga kelestarian lingkungan hidup.

#### **3.2.1.2.2. Visi dan Misi**

**Visi :** Terwujudnya sub sektor minyak dan gas bumi yang dapat memanfaatkan secara optimal sumber daya minyak dan gas bumi dalam kerangka pembangunan nasional yang berkelanjutan untuk mencapai kemakmuran dan kesejahteraan rakyat.

**Misi :**

1. Memelihara dan meningkatkan cadangan, produksi minyak dan gas bumi dan nilai tambah serta kontribusi bagi penerimaan negara, dengan tetap menekankan konservasi energi jangka panjang.

2. Memenuhi ketersediaan pasokan minyak dan gas bumi, bahan bakar minyak dan gas, dan produk olahan untuk kebutuhan dalam negeri yang ramah lingkungan serta menumbuhkan kesadaran nasional untuk melakukan diversifikasi konsumsi minyak bumi.
3. Menjaga dan meningkatkan investasi kegiatan hulu dan hilir di bidang minyak dan gas bumi dengan tujuan untuk penciptaan lapangan kerja, pemanfaatan produksi dalam negeri dan sarana pengembangan teknologi dan wahana alih teknologi.
4. Membangun dan memelihara sarana dan prasarana yang berkaitan dengan pengusahaan minyak dan gas bumi, guna mendorong pemerataan pembangunan, pengembangan masyarakat di sekitar kegiatan usaha migas dan peningkatan pelayanan kebutuhan masyarakat.
5. Menumbuh kembangkan industri minyak dan gas bumi nasional yang kompetitif, handal, transparan, efisien dan berwawasan pelestarian lingkungan.
6. Meningkatkan peran swasta dalam pengusahaan minyak dan gas bumi serta menumbuh kembangkan kemampuan Sumber Daya Manusia Indonesia untuk dapat bersaing di tingkat nasional, regional dan internasional.
7. Meningkatkan pengelolaan lingkungan dan kehandalan keselamatan operasi dan kesehatan kerja pada kegiatan usaha minyak dan gas bumi.
8. Memelihara dan meningkatkan kerjasama internasional di bidang minyak dan gas bumi untuk menunjang kepentingan ekonomi nasional.

9. Memelihara dan meningkatkan pelayanan kepada masyarakat secara efektif dan efisien melalui pemerintahan yang baik (*good governance*).

### **3.2.1.2.3. Sasaran dan Tantangan**

#### **a. Hulu**

##### **i. Sasaran**

1. Terwujudnya peran optimal dari sub sektor minyak dan gas bumi bagi penerimaan negara guna menunjang pembangunan ekonomi dalam kerangka pembangunan berkelanjutan.
2. Terjaminnya ketersediaan minyak dan gas bumi secara berkesinambungan.
3. Terwujudnya iklim investasi yang kondusif.
4. Terwujudnya pemanfaatan gas bumi nasional yang optimal.
5. Terciptanya peningkatan penemuan cadangan baru melalui peningkatan kegiatan eksplorasi.
6. Terwujudnya kemandirian dalam pengusahaan minyak dan gas bumi melalui peningkatan dan pemanfaatan produksi dan jasa dalam negeri yang mampu bersaing di pasar global.
7. Terwujudnya pengembangan masyarakat sekitar kegiatan operasi migas, pengelolaan lingkungan lingkungan, peningkatan kehandalan keselamatan operasi dan kesehatan kerja.
8. Tersedia dan terkelolanya data di bidang minyak dan gas bumi.
9. Terwujudnya alih teknologi dan peningkatan kompetensi tenaga kerja nasional di bidang minyak dan gas bumi.



## **ii. Tantangan / Hambatan**

1. Belum tersedianya data di bidang minyak dan gas bumi secara menyeluruh di wilayah Indonesia.
2. Belum di eksplorasinya seluruh cekungan sedimen hidrokarbon yang ada di Indonesia.
3. Sebagian besar lapangan produksi migas di Indonesia mulai menurun produksinya secara alamiah.
4. Sedikitnya penemuan cadangan hidrokarbon baru.
5. Sejumlah cadangan hidrokarbon tidak dapat dikembangkan disebabkan faktor keekonomian.
6. Terbatasnya kemampuan nasional berinvestasi dalam bidang minyak dan gas bumi.
7. Terbatasnya infrastruktur pengembangan dan pemanfaatan gas bumi untuk penggunaan dalam negeri.
8. Masih terbatasnya sumber daya manusia Indonesia dalam penguasaan teknologi di bidang minyak dan gas bumi.
9. Adanya tumpang tindih pengaturan/peraturan perundang-undangan yang diterbitkan oleh instansi lain.
10. Terbatasnya kemampuan perusahaan nasional di bidang jasa penunjang dalam kegiatan usaha migas.
11. Masih rendahnya mutu dan standarisasi produk dalam negeri industri minyak dan gas bumi.
12. Belum sepenuhnya ditaati peraturan perundang-undangan di bidang keselamatan operasi dan pengelolaan lingkungan.

## **b. Hilir**

### **i. Sasaran**

1. Tersedianya minyak bumi dan gas bumi, BBM, BBG, hasil olahan, LPG dan/atau LNG di dalam negeri.
2. Terciptanya struktur industri hilir migas nasional yang handal.
3. Tersedianya infrastruktur yang memadai dalam menunjang terwujudnya pembangunan sarana dan prasarana dalam industri hilir migas.
4. Terciptanya iklim investasi kegiatan usaha hilir migas yang kondusif.
5. Tersedianya data dan informasi permintaan dan penawaran minyak bumi dan gas bumi, BBM, BBG, hasil olahan, LPG dan/atau LNG di dalam negeri.
6. Terwujudnya pengembangan masyarakat sekitar kegiatan usaha hilir migas, pengelolaan lingkungan lingkungan, peningkatan kehandalan keselamatan operasi dan kesehatan kerja.
7. Terjaganya ketahanan cadangan strategis minyak mentah dan stok BBM nasional.
8. Terwujudnya kemandirian dalam pengusahaan minyak dan gas bumi melalui peningkatan dan pemanfaatan produksi dan jasa dalam negeri yang mampu bersaing di pasar global.
9. Terwujudnya pemanfaatan barang dan jasa dalam negeri industri hilir migas.

### **ii. Tantangan / Hambatan**

1. Beban subsidi BBM jenis tertentu dalam Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara.
2. Globalisasi dalam sistem perdagangan, informasi dan standar manajemen mutu & lingkungan.
3. Keterbatasan kemampuan teknis (kapasitas, teknologi, konfigurasi) kilang minyak dalam negeri untuk memenuhi kebutuhan BBM dalam negeri baik dalam jumlah maupun mutunya.
4. Sebagian besar kilang di Indonesia sudah berusia tua.
5. Masih adanya ketergantungan suplai BBM dari negara lain karena peningkatan kebutuhan BBM dalam negeri.
6. Masih rendahnya investasi di bidang pengolahan migas karena *margin* kilang yang rendah.
7. Adanya tumpang tindih pengaturan/peraturan perundang-undangan yang diterbitkan oleh instansi lain.
8. Kebijakan diversifikasi energi yang masih parsial.
9. Terbatasnya kemampuan perusahaan nasional di bidang jasa penunjang dalam kegiatan usaha hilir migas.
10. Belum sepenuhnya ditaati peraturan perundang-undangan di bidang keselamatan operasi dan pengelolaan lingkungan lingkungan.

#### **3.2.1.2.4. Strategi Pengembangan Industri Migas Nasional**

##### **a. Hulu**

1. Peningkatan pengelolaan data migas.
2. Meningkatkan kegiatan eksplorasi melalui penawaran wilayah kerja baru dengan menetapkan persyaratan

dan kondisi kontrak yang menarik dan saling menguntungkan.

3. Menjaga agar persyaratan kontrak kerjasama selalu kompetitif dibanding dengan negara lain terutama negara tetangga/Asia-Pasifik.
4. Memberikan insentif bagi pengembangan lapangan marginal (tidak/kurang ekonomis) dan *brownfield*.
5. Menerapkan kaidah keteknikan yang baik (*good engineering practice*).
6. Meningkatkan produksi minyak dan gas bumi nasional.
7. Meningkatkan profesionalisme sumber daya manusia dalam rangka alih teknologi.
8. Meningkatkan pemanfaatan barang dan jasa dalam negeri dengan tetap memperhatikan mutu dan standardisasi.
9. Melakukan restrukturisasi/reorganisasi, peningkatan kualitas sumber daya manusia melalui penyempurnaan sistem rekrutmen, diklat dan litbang yang terakreditasi dan sertifikasi.
10. Mendorong Badan Usaha Nasional di bidang migas untuk “*go international*”.
11. Berperan aktif dalam kerjasama internasional dibidang minyak dan gas bumi.
12. Meningkatkan kehandalan keselamatan operasi, lingkungan lingkungan dan kesehatan kerja usaha minyak dan gas bumi.
13. Meningkatkan pemanfaatan barang dan jasa dalam negeri dengan tetap memperhatikan mutu dan standarisasi guna peningkatan daya saing secara global.

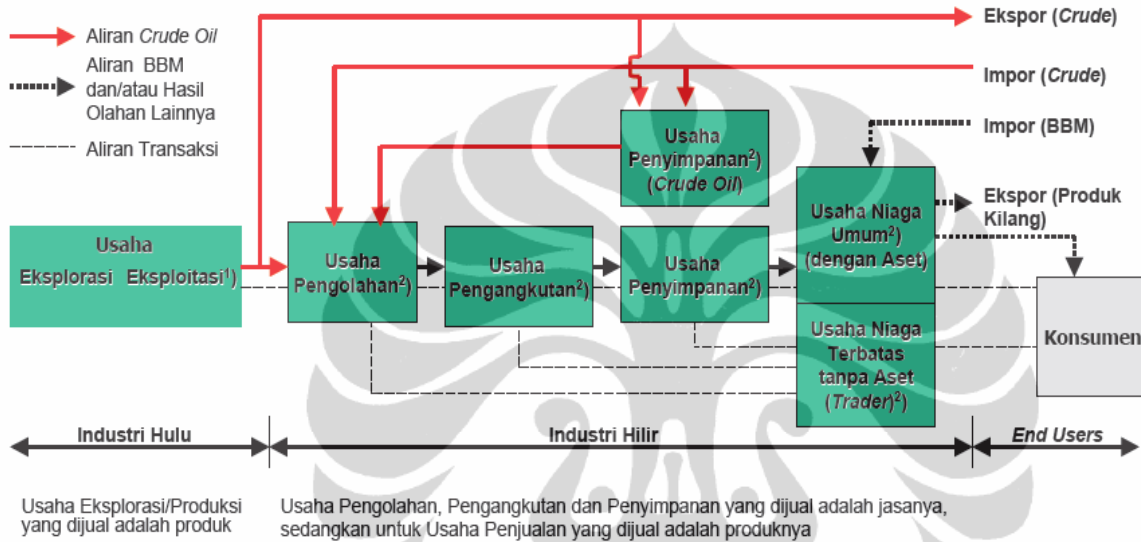
14. Meningkatkan penggunaan tenaga kerja nasional pada kegiatan hilir sesuai kompetensi yang dimiliki.

**b. Hilir**

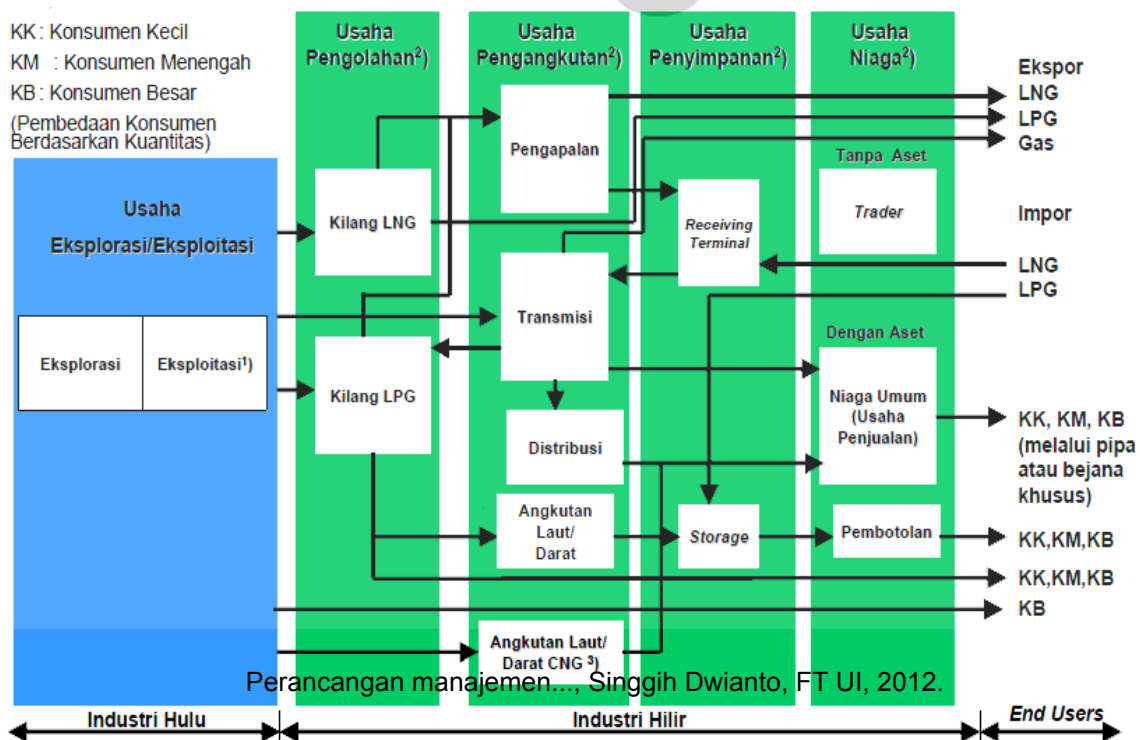
1. Menetapkan cadangan strategis minyak mentah, BBM, BBG, LPG dan hasil olahan lainnya.
2. Menerapkan konsep *unbundling* Minyak dan Gas Bumi.
3. Menciptakan pemanfaatan fasilitas bersama (*open access*) kegiatan usaha hilir migas.
4. Mendorong peran swasta dalam kegiatan usaha hilir migas yang mengikut sertakan peran koperasi dan UKM.
5. Menciptakan iklim investasi kegiatan usaha hilir yang kondusif.
6. Menghapus subsidi BBM secara bertahap.
7. Menetapkan harga jenis BBM tertentu dalam suatu keputusan pemerintah.
8. Meningkatkan kemampuan teknis kilang dalam penyediaan bahan bakar migas yang ramah lingkungan.
9. Mendorong dilakukannya konservasi dan diversifikasi energi yang dikomunikasikan/ disosialisasikan secara nasional.
10. Meningkatkan kehandalan keselamatan operasi, lingkungan dan kesehatan kerja kegiatan usaha hilir minyak dan gas bumi.
11. Meningkatkan pemanfaatan barang dan jasa dalam negeri dengan tetap memperhatikan mutu dan standarisasi guna peningkatan daya saing secara global.
12. Meningkatkan penggunaan Tenaga Kerja Nasional pada kegiatan hilir sesuai kompetensi yang dimiliki.

(Dept ESDM RI, 2005)

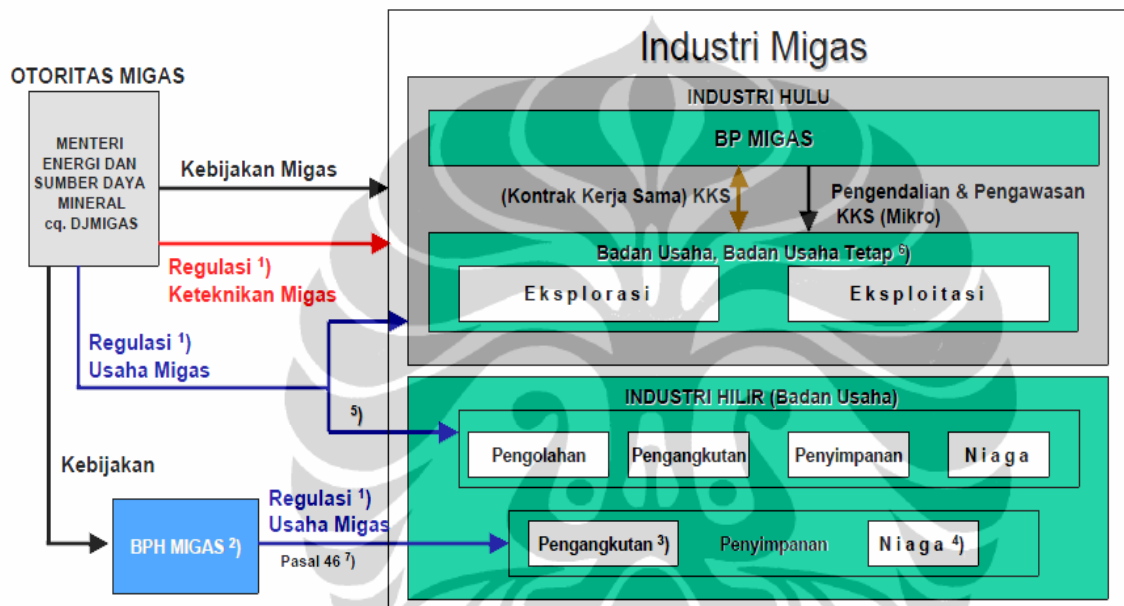
### 3.1.1.2.5 Diagram Alir



Gambar 3.4 Taksonomi Bidang Usaha Dalam Struktur Industri Perminyakan Nasional Undang-undang Nomor 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi



Gambar 3.5 Taksonomi Bidang Usaha dalam Struktur Industri Gas Bumi Nasional Undang-undang Nomor 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi



- 1) Regulasi (Pengaturan, Pembinaan, dan Pengawasan) 3) Pengaturan gas pipa  
 2) Melakukan pengaturan gas pipa dan pengawasan terhadap penyediaan dan distribusi BBM 4) Pengawasan terhadap penyediaan dan distribusi BBM  
 5) Kecuali yang diatur oleh BPH MIGAS sesuai dengan pasal 46  
 6) Hulu dapat melakukan kegiatan sesuai dengan pasal 26 sepanjang tidak ada transaksi usaha dibidang itu  
 7) Semua izin adalah oleh Menteri

Gambar 3.6 Hubungan Fungsi Pemerintah dan Non-pemerintah dalam Industri Migas Nasional Undang-undang Nomor 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi

### 3.1.3. Manajemen Persediaan di PT X

Penelitian dan pengambilan data pada tesis ini dilakukan pada PT X, PT X adalah salah satu perusahaan minyak dan gas di Indonesia yang memiliki beberapa daerah operasi seperti di daerah Sumatra, Kalimantan dan Jawa Barat. Pada penelitian ini *survey* dan data diambil dari daerah operasi Kalimantan timur.

### 3.1.3.1. Kondisi Operasi

PT X daerah operasi Kalimantan Timur telah beroperasi sejak tahun 1972, secara umum daerah operasi PT X terbagi dua yaitu operasi daerah Utara dan Selatan. Operasi daerah Utara menghasilkan gas yang dialirkan ke Bontang menjadi suplai bagi PT. Badak dan Pupuk Kaltim, sedangkan minyaknya dikirimkan melalui kapal kapal tanker untuk memenuhi pasar domestik dan internasional. Operasi daerah selatan menghasilkan minyak dan gas yang dialirkan ke kilang minyak pertamina di Balikpapan, dan sisanya dikapalkan untuk pasar domestik dan internasional.

Sumur sumur minyak pada perusahaan ini berada di laut (lapangan *offshore*) dan beroperasi 24 jam sehari, *liquid* kemudian dikumpulkan melalui beberapa anjungan (*platform*) dan kemudian dialirkan ke terminal penampung di darat melalui jalur jalur pipa minyak dan gas. Secara umum jenis peralatan di suatu anjungan terdiri dari : *electrical power system, air instrument system, gas comppresor system, pumping unit, waste water system, wellhead acessories, separation system.*

Terminal penampung didarat berfungsi sebagai pemroses minyak & gas menjadi produk yang sesuai dengan kualitas ekspor. Terminal ini menerima *liquid* dari *offshore* dan memisahkan kandungan air dari minyak sehingga minyak layak untuk dijual, demikian juga dengan kandungan gas nya dipisahkan dari campuran air dan *contaminant* lain sehingga menghasilkan gas yang siap ekspor.

### 3.1.3.2. Model Persediaan

Pada awal tahun 2007 perusahaan ini menggunakan sistem database baru dari *Oracle* yaitu *JDE-Enterprise One*. *JDE-Enterprise One* merupakan sistem database yang terintegrasi antara berbagai modul yaitu : *Maintenance Modul, Inventory & Procurement to Pay, Human Resource, dan Finance*. Sistem lain yang mendukung modul *Inventory & Procurement to Pay* adalah ARIBA, ARIBA merupakan *e-procurement system* yang mengintegrasikan proses pengadaan, *invoicing*, serta



*contract service* yang menjembatani hubungan bisnis antara PT X dengan para *supplier, vendor* maupun perusahaan penyedia jasa *contract service*. *Computerised Maintenance Management System (CMMS)* sebagai *backbone* dalam modul *maintenance* akan memberikan informasi penggunaan dan kebutuhan suku cadang kedalam *inventory module*, kemudian dianalisa untuk proses pengisian ulang.

Kebutuhan barang *Maintenance Repair & Operation (MRO)* serta kebutuhan untuk *Capital Project* diatur oleh departemen SCM melalui bagian *Inventory Management, Procurement, dan Warehouse*. *Warehouse* adalah lokasi fisik penempatan barang *MRO* dan *Project*, sedangkan manajerialnya menggunakan konsep *Branchplant*.

#### **3.1.3.2.1. Konsep *Branchplant***

*Branchplant* merupakan struktur finansial tempat mengatur biaya persediaan dalam akun tersendiri, sehingga *branchplant* merupakan tempat untuk mendefinisikan dan mendaftarkan kepemilikan dari barang persediaan. Setiap *branchplant* mengatur persediaan dan *replenishment of item (re-Order Point/re-Order Quantity)* secara independen. Berdasarkan konsep dari *JDE-Enterprise One* ada beberapa tipe *branchplant*:

- a. *Class A* : adalah untuk kategori barang baru yang dibeli untuk menjadi *stock*, kondisi barang masih 100 %.
- b. *Class B* : adalah untuk kategori barang rekondisi atau yang diperbaharui, nilai dan kondisinya sekitar 75% dari barang baru.
- c. *Class C* : adalah untuk kategori barang rekondisi atau bekas, nilai dan kondisinya sekitar 50% dari barang baru.
- d. *Surplus* : adalah untuk kategori barang yang dibeli langsung untuk proyek namun tidak terpakai, kondisi masih bagus, dan bila material didaftarkan ke *branchplant* maka nilainya nol.

- e. *Courtesy* : adalah untuk kategori barang untuk proyek, material disimpan di branchplant sampai dengan saat dipakai.
- f. *Non-Stock* : adalah untuk kategori barang yang akan dipesan langsung oleh pengguna, tidak ada biaya penyimpanan untuk barang ini.
- g. *Depreciable Spares* : adalah untuk kategori barang suku cadang untuk *Fixed Asset* yang disimpan dalam warehouse, tidak ada biaya atau nilai barang ini karena semua biaya telah masuk sebagai *Fixed Asset*.
- h. *Claims* : adalah untuk kategori barang untuk menyimpan barang yang kualitasnya masih diuji, material masih harus dilacak dan disimpan menunggu penyelesaian klaim ke vendor, pengirim barang ataupun agen pengirim.
- i. *Write Off* : adalah untuk kategori barang obsolete atau usang, tidak bergerak dan tidak dipakai lagi oleh perusahaan, namun jumlah dan nilainya harus bisa dilacak.
- j. *Consignment* : adalah untuk kategori barang yang bisa digunakan akan tetapi tidak dimiliki oleh perusahaan, barang barang ini akan dibayar setelah dipakai.
- k. *Vendor Stock* : adalah untuk kategori barang yang siap digunakan namun dimiliki dan dikontrol oleh vendor, pembayaran dilakukan pada saat material direquest ke vendor.
- l. *Commisioning* : adalah untuk kategori barang suku cadang MRO yang dibeli menggunakan AFE pada saat konstruksi, tidak ada biaya yang dikenakan pada barang ini.

Dari konsep tersebut PT X di daerah operasi kalimantan menyusun tiga main *branchplant* kelas A dan enam *sub-branchplant* kelas A, *branchplant WriteOff*, *branchplant Surplus*, *banchplant Capital*, dan *repair* dengan total 25 *branchplant*,

dimana jumlah dan susunan ini menyesuaikan proses operasional dilapangan.

### 3.1.3.2.2. Data Persediaan

Nilai persediaan dalam setiap *branchplant* pada saat data diambil bulan Nopember adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Nilai Persediaan PT X November 2010.

Branch/Plant	Description	Total (USD)
9122PJMMMA	CICO PJM WH NON-CAPITAL CLAS-A	13117601,86
9148PJMA	CGL CLASS A	12169777,26
9122STNMA	<b>CICO STN WH NON-CAPITAL CLAS-A</b>	10987283,25
9122PJMPA	CICO PJM WHS CAPITAL CLASS-A	7383805,83
9139PJMMMA	<b>CML NON-CAPITAL CLASS-A</b>	6614814,58
9155PJMA	CRL CLASS A	5672760
<b>9139WROFF</b>	CML WRITE-OFF	4729416,99
9139PJMPA	CML CAPITAL CLASS-A	4218293,37
<b>9122STNMWOF</b>	CICO STN WHS NON-CAPITAL W-OFF	3199231,8
<b>9122PJMPWOF</b>	CICO PJM WHS CAPITAL W-OFF	2752440,46
<b>9122PJMMWOF</b>	CICO PJM WHS NON-CAPITAL W-OFF	1844761,05
9122SADEWA	CICO SADEWA CLASS-A	505883,09
9122ATKA	CICO ATTAKA LQ CLASS-A	460498,11
9139WSFMA	CML WEST SENO CLASS-A	403664,37
9122LWLWA	CICO LAWELAWE TERMINAL CLASS-A	191616,14
9122SPGA	CICO SEPINGGAN LQ CLASS-A	137650,32
9122SRGA	CICO NIB PLATFORM CLASS-A	45854,6
9122PRDGA	CICO PASIR RIDGE CLASS-A	38892,14
9122STNPA	CICO STN WHS CAPITAL CLASS-A	23534,89
9122STNTA	CICO SANTAN TERMINAL CLASS-A	9647,21
9122YKNA	CICO YAKIN LQ CLASS-A	2168,31

9122SURP	CICO SURPLUS	0
9139PJMMB	CML NON-CAPITAL CLASS-B	0
9139REPAIR	CML REPAIR	0
9139SURP	CML SURPLUS	0
Total Inventory ( USD )		74509595,63

Sumber : Data persediaan PT X

Untuk analisa selanjutnya akan digunakan data dari 9122PJMMMA, karena merupakan main *branchplant* dan representatif dari barang-barang MRO untuk daerah operasi utara dan selatan.

PT X membagi barang dalam sistem persediaannya kedalam beberapa jenis komoditi sebagai berikut :

Tabel 3.2 Kelas Komoditi Material

Commodity Class	Total Item
Turbines & Parts	3137
Compressors & Parts	1339
Fittings	1116
Electrical	1061
Instrumentation & Parts	873
Pumps & Parts	818
Engines & Parts	673
Gaskets, Seals & Packing	600
Valves & Parts	487
Fasteners	431
Oil Field Equipment	394
Power Transmission Equipment	333
Bearings & Accessories	278
Well Head Equipment	254
Office Supplies	243

Metals	233
Safety Equipment	203
Drilling Equipment & Supplies	189
Gauges & Parts	178
Heating, Vent. & Air Cond. Eq.	155
Filtration & Supplies	153
Chemicals (Non-Catalysts)	124
Heavy Equipment	115
Pipe & Tubing	105

Tabel 3.2 Kelas Komoditi Material (sambungan)

Boilers & Furnaces	97
Welding Equipment	94
Paints and Coatings	90
Matl. Handling Equip. & Parts	89
Hoses & Parts	78
Hardware	69
Tools	67
Construction	52
Automotive Parts & Supplier	45
Fuels and Lubricants	40
Pipe Line Equipment & Supplies	33
Containers, Packaging & Acces.	32
Oil Country Tubular Goods	30
Machinery - Misc. & Parts	26
Plastics	21
Janitorial & Household	16
Marine & Water Way	13
Computer Hardware	12

Signs	8
Buildings and Structures	7
Commissary - Food & Equipment	7
Insulation & Accessories	6
*OBS*TIRES,BATTERY&ACCES.RESAL	6
Aircraft & Parts	5
Plumbing	5
*OBS*ELECTRONIC COMPONENTS	5
Lab Equipment & Supplies	4
Printer Material	3
Tanks, Storage & Parts	2
Medical Equipment & Supplies	2

Tabel 3.2 Kelas Komoditi Material (sambungan)

Vehicles	1
Communication Equip. & Parts	1
Furnishings	1
<b>Grand Total</b>	<b>14459</b>

Sumber : Data persediaan PT X

Dari sisi kategori penyimpanan dibedakan menjadi barang:

*CR : Critical*

*CS : Consumable*

*DN : Do-not Order*

*IN : Insurance*

*OR : On-Request*

Berikut diambil contoh jumlah persediaan berdasarkan kategori penyimpanan di salah satu main branchplant :

Tabel 3.3 Material Berdasarkan Kategori Penyimpanan

Stocking Type	9122PJMMA
CR	91
CS	3005
DN	299
IN	1576
OR	9488

Sumber : Data persediaan PT X

Selanjutnya berdasarkan transaksi selama tahun 2010 didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 3.4 Nilai Transaksi Sampai dengan Nopember 2010

Commodity Class	Total ( USD)
Fuels and Lubricants	39995580,42

Tabel 3.4 Nilai Transaksi Sampai dengan Nopember 2010 (sambungan)

Chemicals (Non-Catalysts)	3978503,37
Oil Country Tubular Goods	1036634,08
Pumps & Parts	518203,15
Valves & Parts	449960,2
Drilling Equipment & Supplies	364990,69
Oil Field Equipment	307471,14
Fittings	236514,42
Metals	228338,13
Compressors & Parts	215874,35
Instrumentation & Parts	174697,82
Boilers & Furnaces	155126,23
Safety Equipment	154823,52
Turbines & Parts	139180,12
Gaskets, Seals & Packing	119560,4
Engines & Parts	111260,95

Electrical	108899,8
Paints and Coatings	85657,49
Filtration & Supplies	71369,59
Pipe & Tubing	67388,4
Well Head Equipment	63959,64
Gauges & Parts	34795,34
Construction	27642,8
Welding Equipment	24543,57
Fasteners	22064,41
Tools	19281,3
Janitorial & Household	18915,95
Matl. Handling Equip. & Parts	18841,84
Pipe Line Equipment & Supplies	14874
Hoses & Parts	10523,39
Power Transmission Equipment	7073,91
Hardware	5260,6
Office Supplies	4400,11
Containers, Packaging & Acces.	4159,44
Insulation & Accessories	3592,59
Lab Equipment & Supplies	3200

Tabel 3.4 Nilai Transaksi Sampai dengan Nopember 2010 (sambungan)

Marine & Water Way	2963,61
Heavy Equipment	2189,48
Bearings & Accessories	2083,13
Heating, Vent. & Air Cond. Eq.	2072,17
Automotive Parts & Supplier	1636,67
Medical Equipment & Supplies	843,75
Plastics	657,9
Computer Hardware	450,48
*OBS*TIRES,BATTERY&ACCES.RESAL	61,74
<b>Grand Total (USD)</b>	<b>48816122,09</b>

Sumber : Data persediaan PT X



### 3.1.4. Diskusi dan Kuesioner

Metodologi yang digunakan dalam membuat klasifikasi terbagi menjadi dua bagian. Pertama adalah menentukan ruang lingkup untuk proses pengambilan keputusan dalam penyusunan hirarki dan yang kedua adalah perbandingan berpasangan untuk menentukan bobot tiap kriteria dalam hirarki dan resiko yang telah teridentifikasi. Data-data yang diperlukan diperoleh dengan beberapa cara yaitu :

- Diskusi dan wawancara kepada para ahli dari masing-masing departemen yang berkaitan secara langsung terhadap proses produksi, departemen pemeliharaan, bagian *warehousing* dan departemen lain yang terkait secara langsung ataupun tidak kepada manajemen suku cadang ini.
- Kuesioner diberikan kepada para ahli untuk menentukan tingkat perbandingan kepentingan pada tiap level pada struktur hirarki melalui perbandingan berpasangan untuk level hirarki yang sama.

Berikut data responden yang ditampilkan pada tabel 3.5

Tabel 3.5 Daftar Responden

Jabatan	Pendidikan Terakhir	Pengalaman Kerja
Team Manager Operation	S1	20 tahun
Team Leader Operation	S1	13 tahun
Operation Coordinator	S2	25 tahun
Team Leader Maintenance	D3	30 tahun
Analyst Planner	S1	6 tahun
Maintenance Reliability T.Leader	D3	25 tahun
Team Leader Warehouse	S1	13 tahun

### 3.1.5. Penentuan Kriteria

Dari hasil mempelajari berbagai parameter proses operasional di salah satu industri minyak dan gas bumi di Kalimantan Timur ini didapatkan 5 parameter pokok dan total ada 24 sub parameter/atribut yang akan dijadikan acuan menentukan klasifikasi suku cadang sebagai berikut :

1. *Spare part plant criticality*
  - a. *Cost (included cost of Impact to asset LPO, impact to repair cost & impact to Product & service Quality)*
    - i. *Critical* : jika  $cost \geq \$100\text{ K}$
    - ii. *Medium* : jika  $cost = \$10\text{K} - \$100\text{K}$
    - iii. *Desirable* : jika  $cost \leq \$10\text{K}$
  - b. *Safety*
    - i. *Critical* : jika terjadi *lost time injury*
    - ii. *Medium* : jika *recordable* atau *first aid*
    - iii. *Desirable* : jika *no injury* atau *nearmiss*
  - c. *Regulatory*
    - i. *Critical* : jika *Notice of Violation / Incident of Non-Compliance*
    - ii. *Medium* : jika *reportable*
    - iii. *Desirable* : jika *non-reportable* atau *nearmiss*
  - d. *Likelihood*
    - i. *Critical* : jika frekwensi kejadian  $\leq 1$  tahun
    - ii. *Medium* : jika frekwensi kejadian 1 tahun – 5 tahun
    - iii. *Desirable* : jika lebih dari 5 tahun
2. *Spare supply characteristic.*
  - a. *Warehouse stock*
    - i. *Critical* : jika *stock* tersedia  $\leq 75\%$
    - ii. *Medium* : jika *stock* tersedia 75%-99%

- iii. *Desirable* : jika *stock* tersedia 100%
- b. *Refurbishment*
  - i. *Critical* : jika *spare cannot be repair*
  - ii. *Medium* : jika *repairable but shorter lifetime*
  - iii. *Desirable* : jika *repairable*
- c. *Cannibalism*
  - i. *Critical* : jika tidak mungkin mengganti *part* dengan yang sejenis dari *plant*.
  - ii. *Medium* : jika mungkin mengganti *part* dengan mengambil yang sejenis dari *plant* tapi tidak dianjurkan
  - iii. *Desirable* : jika memungkinkan mengganti *part* dengan mengambil *part* sejenis dari *plant* tapi tidak menimbulkan efek apapun.
- d. *Surplus*
  - i. *Critical* : jika tidak tersedia *material surplus*
  - ii. *Medium* : jika tersedia *material surplus* tapi *lifetime* lebih pendek
  - iii. *Desirable* : jika tersedia *material surplus* dalam kondisi baik.
- e. *Direct Charge*
  - i. *Critical* : jika barang yang akan dibeli tidak tersedia di Indonesia
  - ii. *Medium* : jika barang tersedia di indonesia tapi tidak tersedia di pasar lokal
  - iii. *Desirable* : jika barang yang diperlukan tersedia di pasar lokal
- f. *Vendor Stock*
  - i. *Critical* : jika *lead time* lebih dari 6 minggu
  - ii. *Medium* : jika *lead time* antara 2-6 minggu
  - iii. *Desirable* : jika *lead time* kurang dari 2 minggu

3. *Inventory problem*

a. *Warehouse location*

- i. *Critical* : jika lokasi *warehouse* bisa dijangkau  $\geq 24$  jam
- ii. *Medium* : jika lokasi *warehouse* bisa dijangkau 2-24 jam
- iii. *Desirable* : jika lokasi *warehouse* bisa dijangkau  $\leq 2$  jam

b. *Space required*

- i. *Critical* : jika ukuran barang yang akan disimpan  $\geq 10\%$  *space* yang tersedia
- ii. *Medium* : jika ukuran barang yang akan disimpan 1%-10% *space* yang tersedia
- iii. *Desirable* : jika ukuran barang yang akan disimpan  $< 1\%$  *space* yang tersedia

c. *Price*

- i. *Critical* : jika harga barang  $> \$25,000$
- ii. *Medium* : jika harga barang  $\$1000 - \$25,000$
- iii. *Desirable* : jika harga barang  $< \$1000$

d. *Deterioration problem*

- i. *Critical* : jika rasio harga / waktu *expired*  $> 5\%$  *spare part budget*
- ii. *Medium* : jika rasio harga / waktu *expired* 1% - 5% *spare part budget*
- iii. *Desirable* : jika rasio harga / waktu *expired*  $< 1\%$  *spare part budget*

e. *Similarity/dualism*

- i. *Critical* : jika lebih dari 5 ea barang yang sama memiliki *Item Number* yang berbeda
- ii. *Medium* : jika terdapat 1ea-5ea barang yang sama dan memiliki *Item Number* yang berbeda
- iii. *Desirable* : jika setiap satu barang yang spesifik memiliki hanya satu *Item Number*

4. *Procurement problem*

a. *Price*

- i. *Critical* : harga vendor lokal /market price > 4x sole agent price
- ii. *Medium* : harga vendor lokal /market price 1- 4x sole agent price
- iii. *Desirable* : harga vendor lokal /market price = sole agent price

b. *Lead time*

- i. *Critical* : jika proses pengadaan lebih dari 6 bulan
- ii. *Medium* : jika proses pengadaan 2-6 bulan
- iii. *Desirable* : jika proses pengadaan kurang dari 2 bulan

c. *Number of potential supplier*

- i. *Critical* : jika terdapat hanya 1 supplier di dunia
- ii. *Medium* : jika terdapat kurang dari 5 supplier di indonesia
- iii. *Desirable* : jika terdapat lebih dari 5 supplier di indonesia

d. *Material specification*

- i. *Critical* : jika only one manufacture acceptable
- ii. *Medium* : jika 2-4 manufacture acceptable
- iii. *Desirable* : jika > 5 manufacture acceptable

e. *Internal process*

- i. *Critical* : jika internal procurement process > 3 month
- ii. *Medium* : jika internal procurement process 1-3 month
- iii. *Desirable* : jika internal procurement process < 1 month

f. *Government regulation*

- i. *Critical* : taat peraturan pemerintah tapi proses lebih panjang > 3 bulan
- ii. *Medium* : taat peraturan pemerintah tapi proses lebih panjan 1-3 bulan

- iii. *Desirable* : tidak ada kendala
5. *Usage rate*
- a. *Number of identical part in the plant*
    - i. *Critical* : jika lebih dari 10 suku cadang sejenis di *plant*
    - ii. *Medium* : jika terdapat 2-10 suku cadang sejenis di *plant*
    - iii. *Desirable* : jika terdapat hanya 1 suku cadang di *plant*
  - b. *Redundancies*
    - i. *Critical* : jika tidak ada *redundancies equipment*
    - ii. *Medium* : jika terdapat 2-3 *redundancies equipment*
    - iii. *Desirable* : jika terdapat lebih dari 3 *equipment*
  - c. *Frequency of failure*
    - i. *Critical* : *high*
    - ii. *Medium* : *moderate*
    - iii. *Desirable* : *low*

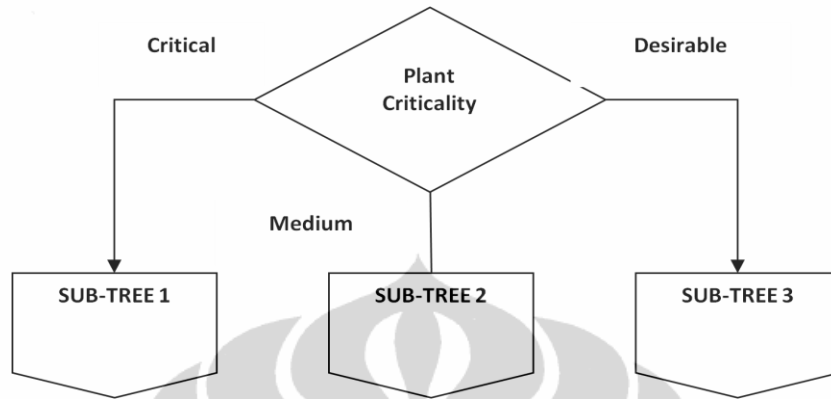
### 3.1.6. Pembuatan Struktur Hirarki Keputusan

#### 3.1.5.1 MASTA

Seperti pada pendekatan RCM konvensional, banyak diagram keputusan yang bisa diusulkan. Pada RCM *decision logic* dirancang untuk mengarahkan, dengan menggunakan *standard assessment* untuk mendapatkan kombinasi susunan *preventive maintenance* yang paling efektif (Douglas dan Greg, 1987). Logika keputusan ini digunakan untuk menentukan tingkat kekritisian dari setiap bagian penting dari *maintenance*. Dari setiap informasi kerusakan yang telah diketahui, keputusan dibuat untuk menentukan aktifitas perbaikan yang sesuai.

Berdasarkan literatur klasifikasi *spare part* pada industri kertas (Braglia, Grassi dan Montari, 2004), dan sistem operasi serta kebutuhan suku cadang pada industri minyak dan gas Indonesia maka disusun MASTA yang baru. MASTA ini berupa *logic tree* yang akan digunakan untuk menentukan *criticality* dari setiap suku cadang dari suatu peralatan

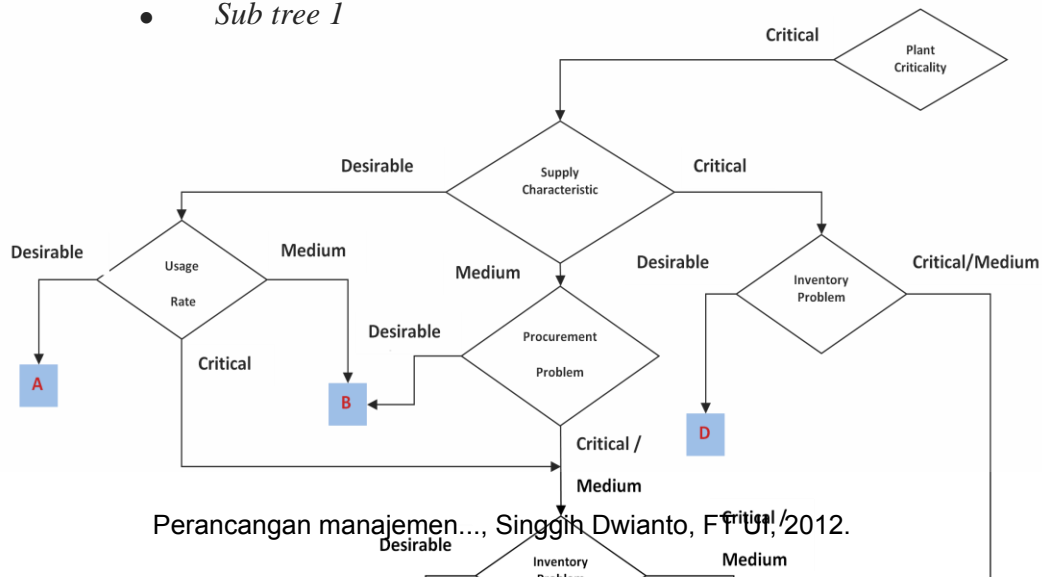
di fasilitas plant. *Logic tree* ini diawali dengan menentukan spare part plant criticality dan 3 *sub tree* sebagai berikut :



Gambar 3.7 *Logic Tree Diagram Spare Part Plant Criticality*

Pada *decision logic level 1* dilakukan evaluasi setiap *failure mode* dari setiap konsekuensi yang mungkin terjadi yaitu *safety*, konsekuensi ekonomi karena operasional, konsekuensi ekonomi karena non operasional (Douglas dan Greg, 1987). Dalam industri minyak dan gas parameter *spare part plant criticality* memiliki konsekuensi terhadap *cost*, *safety*, *regulatory*, dan *likelihood*. Masing masing atribut ini memiliki skala penilaian *critical*, *medium* dan *desirable*.

- *Sub tree 1*



Gambar 3.8 *Logic tree-1*

Apabila berdasarkan *spare part plant criticality* ditentukan '*critical*' maka selanjutnya akan di proses melalui *sub-tree 1* yang didalamnya terdapat proses seleksi berdasarkan *spare supply characteristic, procurement problem inventory problem, usage rate dan inventory problem*. *Decision logic* ini mengambil referensi dari logic tree yang digunakan untuk menentukan klasifikasi suku cadang di industri kertas (Braglia, Grassi, dan Montanari, 2004), dan ditambahkan dengan kriteria *procurement problem*. Salah satu bagian penting dalam manajemen persediaan adalah pengadaan atau pembelian (Georgy dan Basily, 2007). Sebelum proses pengadaan dilakukan spesifikasi barang harus akurat, kemudian dalam proses pengadaan harus bisa menjawab dua pertanyaan :

1. Kapan saat melakukan order ?
2. Berapa banyak yang akan dibeli ?

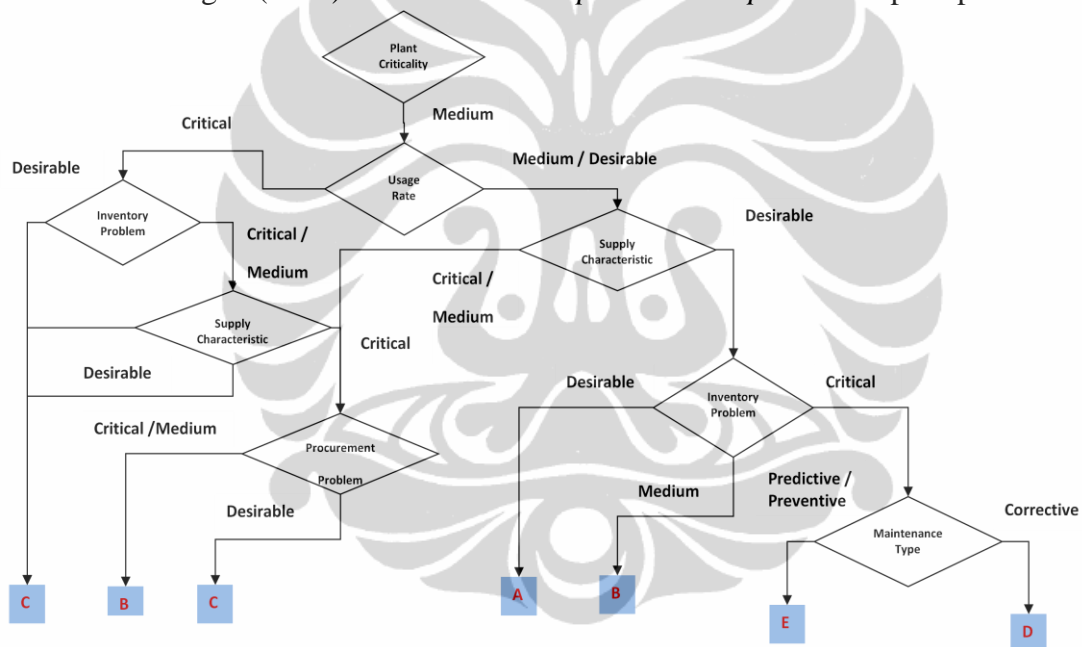
Berdasarkan jawaban dari pertanyaan tersebut jadwal pengadaan dan kedatangan dari barang bisa dibuat. Setelah *Purchase Order* dibuat ke beberapa *supplier*, kemudian menunggu kedatangan barang sampai dan siap digunakan periode ini dinamakan '*delivery lead time*'. Fungsi departemen pengadaan secara perlahan telah bergeser dari fungsi operasional secara umum atau *clerical function* menjadi bagian strategis (Humphreys, 2001, hlm 604). Hal ini disebabkan beberapa tantangan dan dinamika perubahan yang terjadi seperti perubahan fungsi *buyer* yang



lebih menyeluruh dalam fungsi *supply chain*, perubahan teknologi informasi sehingga meningkatkan 'role' atau tanggung jawab bagi seorang buyer dan perubahan proses pengambilan keputusan yang melibatkan *cross-functional teams*. Di industri minyak dan gas bumi Indonesia permasalahan pengadaan semakin bertambah dengan tumpang tindihnya aturan pemerintah, kualitas *supplier*, kendala geografi dan transportasi, kondisi ekonomi dan lain lain.

- *Sub tree 2*

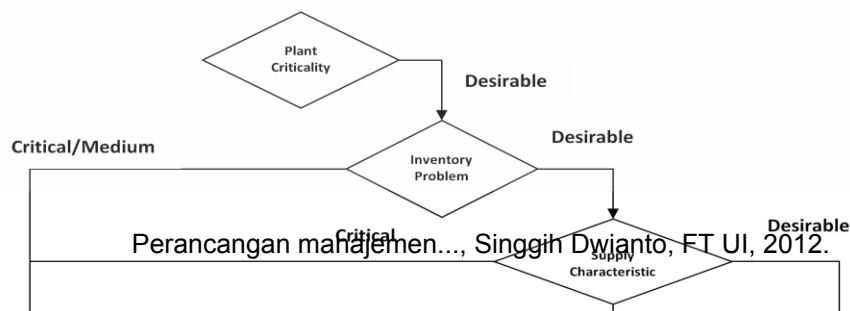
Pada *sub tree 2* ini *decision logic* juga menggunakan referensi dari Braglia (2004) dan ditambahkan *procurement problem* seperti pada tree 1



Gambar 3.9 Logic tree-2

- *Sub tree 3*

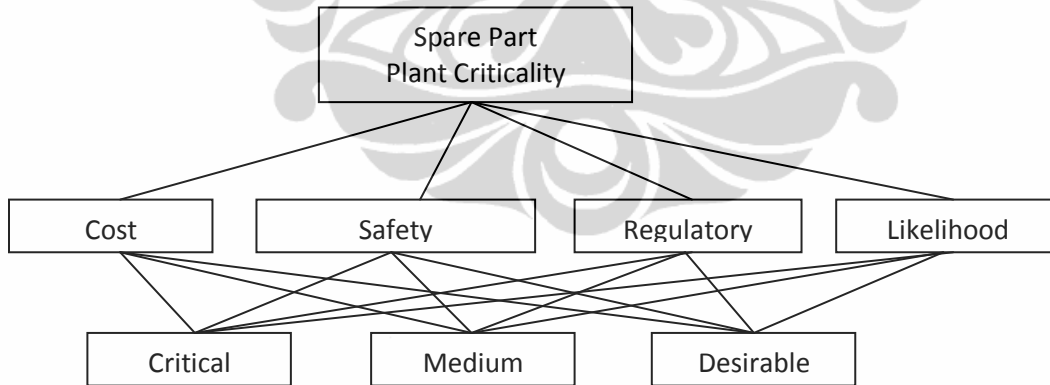
Apabila dari perhitungan *spare part criticality* didapatkan 'desirable' maka penentuan kelas klasifikasi selanjutnya akan mengikuti *decision logic* sebagai berikut (Braglia, Grassi dan Montanari, 2004).



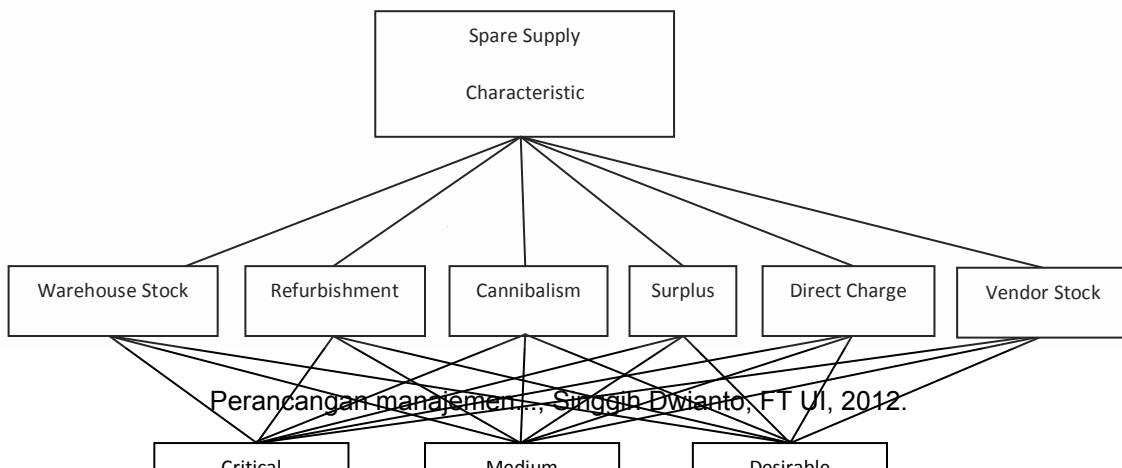
Gambar 3.10 Logic tree-3

### 3.1.5.2 Hirarki AHP

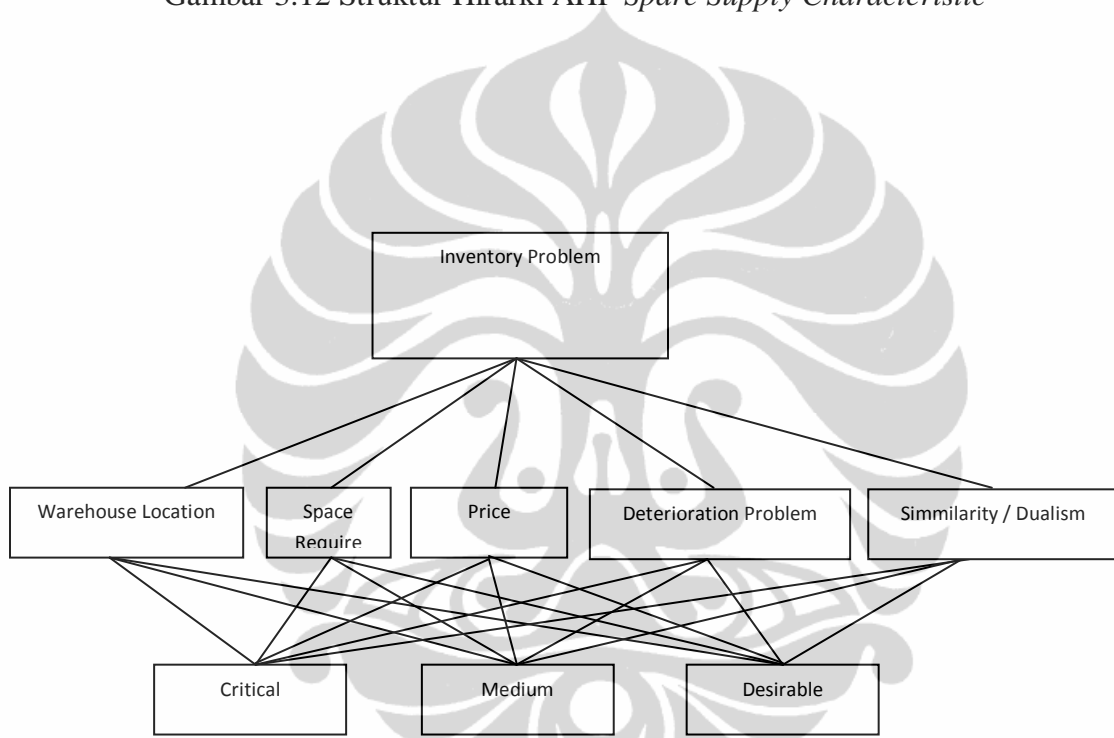
Pada *logic tree* MASTA diatas setiap node akan ditentukan criticality class nya denga menggunakan fuzzy AHP, dimana hirarki dari 5 kriteria pokok dan atribut pendukungnya digambarkan sebagai berikut :



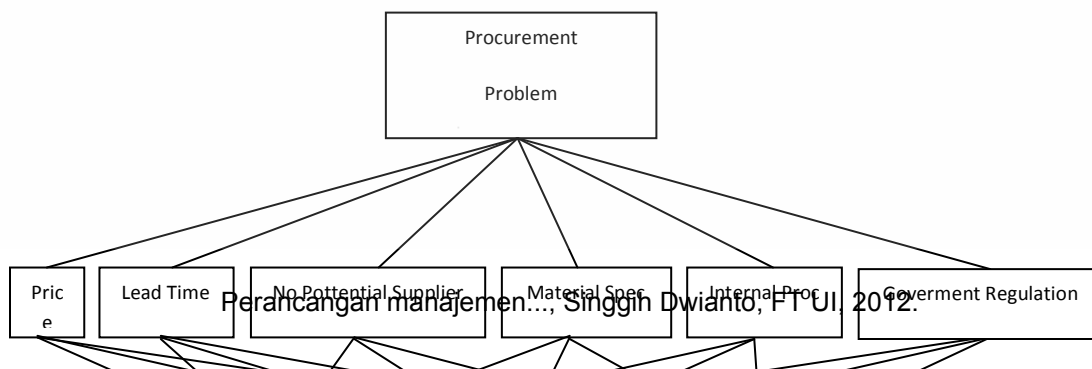
Gambar 3.11 Struktur Hirarki AHP *Spare Part Plant Criticality*



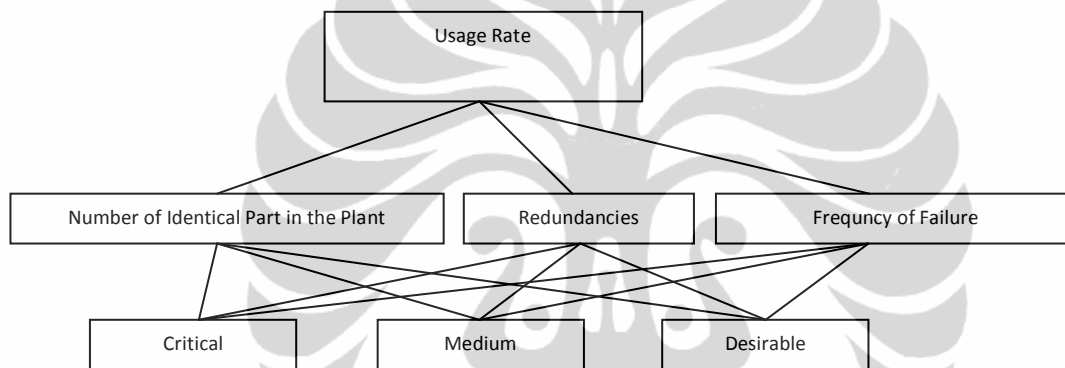
Gambar 3.12 Struktur Hirarki AHP *Spare Supply Characteristic*



Gambar 3.13 Struktur hirarki AHP *Inventory Problem*



Gambar 3.14 Struktur Hirarki AHP *Procurement Problem*



Gambar 3.15 Struktur Hirarki AHP *Usage Rate*

## 3.2 Pengolahan Data

### 3.2.1 Spare Part Plant Criticality

#### 3.2.1.1 Metode Fuzzy AHP

Berdasarkan kuesioner, maka ditentukan data-data perbandingan berpasangan hingga bobot prioritas untuk setiap kriteria dalam penentuan klasifikasi material ini. Dengan metode *fuzzy AHP* data responden dirubah kedalam bilangan *triangular fuzzy* dalam bentuk  $(l, m, u)$  sebagaimana dijelaskan dalam Bab 2. Berikut dicontohkan hasil data perbandingan berpasangan dengan metode fuzzy untuk *spare part plant criticality* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.6 Penilaian Tingkat Kepentingan Antar Kriteria utama oleh 7 Responden dengan Metoda *fuzzy* AHP.

Attribute	Cost			Safety			Regulatory			Likelihood		
	l	m	u	l	M	u	l	m	u	l	m	u
Cost	1	1	1	0,1111	0,1111	0,1429	0,2	0,3333	1	5	7	9
	1	1	1	0,1429	0,3333	1	0,25	0,5	1	1	2	4
	1	1	1	0,1667	0,25	0,5	0,1667	0,25	0,5	0,1111	0,1429	0,2
	1	1	1	0,25	0,5	1	1	2	4	0,1429	0,2	0,3333
	1	1	1	0,1111	0,1111	0,1429	0,1111	0,125	0,1667	0,1429	0,2	0,2
	1	1	1	0,1111	0,1111	0,1429	0,1429	0,2	0,3333	1	1	3
	1	1	1	2	4	6	1	1	3	1	2	4
Safety	7	9	9	1	1	1	1	3	5	7	9	9
	1	3	7	1	1	1	1	1	3	1	3	5
	2	4	6	1	1	1	1	1	3	1	1	3
	1	2	4	1	1	1	3	5	7	3	5	7
	7	9	9	1	1	1	1	3	5	5	7	9
	7	9	9	1	1	1	5	7	9	7	9	9
	0,1667	0,25	0,5	1	1	1	0,2	0,3333	1	0,2	0,3333	1
Regulatory	1	3	5	0,2	0,3333	1	1	1	1	3	5	7
	1	2	4	0,3333	1	1	1	1	1	1	3	5
	2	4	6	0,3333	1	1	1	1	1	1	1	3
	0,25	0,5	1	0,1429	0,2	0,3333	1	1	1	1	1	3
	6	8	9	0,2	0,3333	1	1	1	1	3	5	7
	3	5	7	0,1111	0,1429	0,2	1	1	1	5	7	9
	0,3333	1	1	1	3	5	1	1	1	1	3	5
Likelihood	0,1111	0,1429	0,2	0,1111	0,1111	0,1429	0,1429	0,2	0,3333	1	1	1
	0,25	0,5	1	0,2	0,3333	1	0,2	0,3333	1	1	1	1
	5	7	9	0,3333	1	1	0,3333	1	1	1	1	1
	3	5	7	0,1429	0,2	0,3333	0,3333	1	1	1	1	1
	5	5	7	0,1111	0,1429	0,2	0,1429	0,2	0,3333	1	1	1
	0,3333	1	1	0,1111	0,1111	0,1429	0,1111	0,1429	0,2	1	1	1
	0,25	0,5	1	1	3	5	0,2	0,3333	1	1	1	1

Kemudian diambil rata-rata *geometric mean* sehingga diperoleh matrik perbandingan berpasangan untuk *spare part plant criticality* sebagaimana ditunjukkan dalam tabel berikut :

Tabel 3.7 Matrik perbandingan berpasangan untuk kriteria *spare part plant criticality* setelah diambil rata-rata nilai.

Attribute	Cost			Safety			Regulatory			Likelihood		
	L	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Cost	1	1	1	0,2071	0,3019	0,5081	0,2792	0,414	0,8548	0,5273	0,7697	1,2842
Safety	1,968	3,3123	4,829	1	1	1	1,1699	1,9442	3,9181	2,0399	3,1133	4,9854
Regulatory	1,1699	2,4157	3,5816	0,2552	0,5143	0,8548	1	1	1	1,7226	2,8626	5,1737
Likelihood	0,7787	1,2993	1,8964	0,2006	0,3212	0,4902	0,1933	0,3493	0,5805	1	1	1

Setelah itu diperlukan uji konsistensi pada data-data perbandingan berpasangan. Uji konsistensi dilakukan untuk memperoleh keputusan yang rasional sehingga data yang telah dinyatakan konsisten dapat dipakai untuk menentukan bobot prioritas. Bobot prioritas yang tepat menjadi dasar untuk analisa keputusan yang tepat.

Karena matriks bersifat *reciprocal* maka matriks hanya diuji terhadap elemen triangular tertinggi dan terendah, dimana suatu matriks perbandingan interval disebut konsisten apabila memenuhi ketentuan berikut :  $\max_k(l_{ik}l_{kj}) \leq \min_k(u_{ik}u_{kj})$ , untuk semua  $i, j, k = 1, 2, \dots, n$

Sebagai contoh untuk menguji konsistensi data perbandingan berpasangan dari kriteria *spare part plant criticality* dapat dilihat dari tabel berikut :

Tabel 3.8 Contoh Uji Konsistensi dari Matriks Evaluasi Kriteria *spare part plant criticality*

Elemen Penilai	i	j	k	lik	lkj	uik	ukj	lik*lkj	uik*ukj	
a12	1	2	1	1	0,2071	1	0,5081	0,2071	0,5081	max(Lik*ijk) 0,2071
	1	2	3	0,2792	0,2552	0,8548	0,8548	0,0713	0,7306	min(uik*ukj) 0,5081
	1	2	4	0,5273	0,2006	1,2842	0,4902	0,1058	0,6295	
a13	1	3	1	1	0,2792	1	0,8548	0,2792	0,8548	max(Lik*ijk) 0,2792
	1	3	2	0,2071	1,1699	0,5081	3,9181	0,2423	1,9909	min(uik*ukj) 0,7455
	1	3	4	0,5273	0,1933	1,2842	0,5805	0,1019	0,7455	
a14	1	4	1	1	0,5273	1	1,2842	0,5273	1,2842	max(Lik*ijk) 0,5273

1	4	2	0,2071	2,0399	0,5081	4,9854	0,4224	2,5332	min(ui*k*ukj)	1,2842
1	4	3	0,2792	1,7226	0,8548	5,1737	0,4809	4,4222		

Tabel 3.8 Contoh Uji Konsistensi dari Matriks Evaluasi Kriteria *spare part plant criticality* (sambungan)

a23	2	3	1	1,968	0,2792	4,829	0,8548	0,5495	4,1276	max(Lik*ijk)	1,1699
	2	3	2	1	1,1699	1	3,9181	1,1699	3,9181	min(ui*k*ukj)	2,8942
	2	3	4	2,0399	0,1933	4,9854	0,5805	0,3943	2,8942		
a24	2	4	1	1,968	0,5273	4,829	1,2842	1,0378	6,2014	max(Lik*ijk)	2,0399
	2	4	2	1	2,0399	1	4,9854	2,0399	4,9854	min(ui*k*ukj)	4,9854
	2	4	3	1,1699	1,7226	3,9181	5,1737	2,0153	20,271		
a34	3	4	1	1,1699	0,5273	3,5816	1,2842	0,6169	4,5995	max(Lik*ijk)	1,7226
	3	4	2	0,2552	2,0399	0,8548	4,9854	0,5206	4,2613	min(ui*k*ukj)	4,2613
	3	4	3	1	1,7226	1	5,1737	1,7226	5,1737		

Elemen penilaian diatas telah memenuhi ketentuan  $\max_k(l_{ik}l_{kj}) \leq \min_k(u_{ik}u_{kj})$  sehingga dinyatakan konsisten dan bisa dilanjutkan dengan penentuan bobot.

### 3.2.1.2 Pembobotan Kriteria Utama dengan Metoda Fuzzy AHP

Setelah data penilaian responden dirubah menjadi *triangular fuzzy number* kemudian dilakukan analisa *synthetic extent* sehingga didapatkan vektor bobot dari setiap elemen hierarki. Tahap terakhir adalah melakukan normalisasi dari bilangan *fuzzy* menjadi bilangan biasa/non *fuzzy*.

- Perhitungan nilai *fuzzy synthetic extent* (  $S_i$  ) menggunakan persamaan 2.2 dan tabel 3.x dan hasilnya seperti pada tabel 3.x berikut.

Tabel 3.9 Hasil Perhitungan Komponen Persamaan *Fuzzy Extent* untuk Matriks Perbandingan Berpasangan Kriteria *Spare Part Plant Criticality*.

Attribute	$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$			$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]$			$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1}$		
	l	M	u	l	m	u	l	m	u
Cost	2,0136	2,4855	3,6471	14,512	21,618	32,957	0,0303	0,0463	0,0689

Safety	6,1779	9,3698	14,733
Regulatory	4,1477	6,7926	10,61
Likelihood	2,1726	2,9698	3,9671

Tabel 3.10 Hasil Perhitungan Nilai *Fuzzy Synthetic Extent* untuk kriteria *Spare Part Plant Criticality* yang Berhubungan dengan Tujuan Hirarki.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$$

Attribute	l	m	u
Cost	0,0611	0,115	0,2513
Safety	0,1875	0,4334	1,0152
Regulatory	0,1259	0,3142	0,7311
Likelihood	0,0659	0,1374	0,2734

- b. Setelah itu menentukan tingkat kemungkinan antara 2 nilai *fuzzy synthetic extent* ( $M_2 \geq M_1$ ) berdasarkan persamaan 2.7 sbb:

Tabel 3.11 Tingkat Kemungkinan 2 nilai *Fuzzy Synthetic Extent* pada Kriteria *Spare Part Plant criticality* yang Berhubungan dengan Tujuan

Bandingan	ly-ux	mx-ux	my-ly	ly-ux	Nilai	if true	if False
V(S1≥S2)	-0,0639	-0,1363	0,246	-0,0639	0,167	1	0,167
V(S1≥S3)	-0,1255	-0,1363	0,1884	-0,1255	0,3864	1	0,3864
V(S1≥S4)	-0,1854	-0,1363	0,0715	-0,1854	0,8922	1	0,8922
V(S2≥S1)	-0,9541	-0,5818	0,0539	-0,9541	1	1	1,501
V(S2≥S3)	-0,8894	-0,5818	0,1884	-0,8894	1	1	1,1548
V(S2≥S4)	-0,9493	-0,5818	0,0715	-0,9493	1	1	1,4532
V(S3≥S1)	-0,67	0,4169	0,0539	-0,67	1	1	1,4232
V(S3≥S2)	-0,5437	-0,4169	0,246	-0,5437	0,8202	1	0,8202

Tabel 3.11 Tingkat kemungkinan 2 nilai *fuzzy synthetic extent* pada kriteria *Spare part plant criticality* yang berhubungan dengan tujuan (sambungan)

V(S3≥S4)	-0,6652	-0,4169	0,0715	-0,6652	1	1	1,3621
V(S4≥S1)	-0,2123	-0,136	0,0539	-0,2123	1	1	1,118
V(S4≥S2)	-0,0859	-0,136	0,246	-0,0859	0,2249	1	0,2249
V(S4≥S3)	-0,1475	-0,136	0,1884	-0,1475	0,4548	1	0,4548



- c. Kemudian dicari perbandingan nilai *synthetic extent* dan didapatkan nilai minimumnya.

Tabel 3.12 Hasil perbandingan nilai *synthetic extent* dan nilai minimumnya.

	S1≥	S2≥	S3≥	S4≥
S1		1	1	1

Tabel 3.12 Hasil perbandingan nilai *synthetic extent* dan nilai minimumnya (sambungan)

S2	0,167		0,8202	0,2249
S3	0,3864	1		0,4548
S4	0,8922	1	1	
Min	0,167	1	0,8202	0,2249

- d. Kemudian dilakukan perhitungan vektor bobot dan dilakukan normalisasi vektor bobot untuk mengetahui bobot nilai dari masing masing kriteria pada *spare part plan criticality*.

Tabel 3.13 Vektor Bobot

	d'(A1)	d'(A2)	d'(A3)	d'(A4)
w'	0,167	1	0,8202	0,2249

Tabel 3.14 Normalisasi Vektor Bobot

Prioritas Bobot	W	A1	A2	A3	A4
		0,0755	0,4521	0,3708	0,1017

Berdasarkan pada pengolahan data diatas maka didapatkan bobot dari masing masing atribut sbb :

Tabel 3.15 Nilai bobot kriteria *spare part plant criticality*

Safety ( A2)	0,4521
Regulatory (A3)	0,3708
Likelihood (A4)	0,1017
Cost (A1)	0,0755

### 3.2.1.3 Penentuan kelas Klasifikasi dan Kondisi Batas

#### 3.2.1.3.1 Bobot Kriteria Cost

##### a. Perbandingan Berpasangan Kriteria Cost

Tabel 3.16 Perbandingan berpasangan kriteria cost

Class	Critical			Medium			Desirable		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Critical	1	1	1	5	7	9	1	3	5
	1	1	1	0,11111	0,11111	0,14286	0,11111	0,11111	0,14286
	1	1	1	0,11111	0,14286	0,2	0,16667	0,25	0,5

Tabel 3.16 Perbandingan berpasangan kriteria cost (sambungan)

	1	1	1	0,2	0,33333	1	0,11111	0,14286	0,2
	1	1	1	0,14286	0,2	0,33333	1	3	5
	1	1	1	0,125	0,16667	0,25	3	5	7
	1	1	1	0,2	0,33333	1	1	1	3
Medium	0,11111	0,14286	0,2	1	1	1	1	3	5
	7	9	9	1	1	1	0,11111	0,11111	0,14286
	5	7	9	1	1	1	0,16667	0,25	0,5
	1	3	5	1	1	1	1	3	5
	3	5	7	1	1	1	0,16667	0,25	0,5
	4	6	8	1	1	1	5	7	9
Desirable	1	3	5	1	1	1	0,2	0,33333	1
	0,2	0,33333	1	0,2	0,33333	1	1	1	1
	7	9	9	7	9	9	1	1	1
	2	4	6	2	4	6	1	1	1
	5	7	9	0,2	0,33333	1	1	1	1
	0,2	0,33333	1	2	4	6	1	1	1
	0,14286	0,2	0,33333	0,11111	0,14286	0,2	1	1	1
0,33333	1	1	1	3	5	1	1	1	

Kemudian diambil rata-rata sehingga diperoleh matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria cost sebagaimana ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 3.17 Matrik perbandingan berpasangan untuk kriteria *cost* setelah diambil rata-rata nilai

	Critical			Medium			Desirable		
Attribute	l	m	u	l	m	u	l	m	U
Critical	1	1	1	0,2387	0,3284	0,5775	0,4835	0,7818	1,3335
Medium	1,7315	3,0455	4,1902	1	1	1	0,4379	0,7595	1,3468
Desirable	0,7499	1,279	2,0684	0,7425	1,3166	2,2838	1	1	1

Tabel 3.18 Uji Konsistensi dari Matriks Evaluasi kriteria *cost*

Elemen Penilai	i	j	k	lik	lkj	uik	ukj	lik*lkj	uik*ukj		
a12	1	2	1	1	0,2387	1	0,5775	0,2387	0,5775	max(Lik*ijk)	0,3589763
	1	2	3	0,4835	0,7425	1,3335	2,2838	0,359	3,0455	min(uik*ukj)	0,5775246
a13	1	3	1	1	0,4835	1	1,3335	0,4835	1,3335	max(Lik*ijk)	0,4834538

Tabel 3.18 Uji Konsistensi dari Matriks Evaluasi kriteria *cost* (sambungan)

	1	3	2	0,2387	0,4379	0,5775	1,3468	0,1045	0,7778	min(uik*ukj)	0,7777852
a23	2	3	1	1,7315	0,4835	4,1902	1,3335	0,8371	5,5878	max(Lik*ijk)	0,8371139
	2	3	2	1	0,4379	1	1,3468	0,4379	1,3468	min(uik*ukj)	1,3467569

- b. Perhitungan nilai *fuzzy synthetic extent* (  $S_i$  ) menggunakan persamaan 2.2.

Tabel 3.19 Hasil perhitungan komponen persamaan *fuzzy extent* untuk matriks perbandingan berpasangan kriteria *cost*.

	$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$			$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]$			$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1}$		
Attribute	L	m	u	l	m	u	l	m	u
Critical	1,7221	2,1102	2,9111	7,3839	10,511	14,8	0,0676	0,0951	0,1354
Medium	3,1694	4,805	6,537						
Desirable	2,4924	3,5956	5,3522						

Tabel 3.20 Hasil perhitungan nilai *fuzzy synthetic extent* untuk kriteria *cost* yang berhubungan dengan tujuan hirarki

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$$

Attribute	l	m	u
Critical	0,1164	0,2008	0,3942
Medium	0,2141	0,4572	0,8853
Desirable	0,1684	0,3421	0,7248

- c. Setelah itu menentukan tingkat kemungkinan antara 2 nilai *fuzzy synthetic extent* ( $M_2 \geq M_1$ ) berdasarkan persamaan 2.7.

Tabel 3.21 Tingkat kemungkinan 2 nilai *fuzzy synthetic extent* pada kriteria *cost* yang berhubungan dengan tujuan

Bandangan	ly-ux	mx-ux	my-ly	ly-ux	Nilai	if true	if False
V(S1≥S2)	-0,1801	-0,1935	0,243	-0,1801	0,4126	1	0,4126
V(S1≥S3)	-0,2258	-0,1935	0,1737	-0,2258	0,6151	1	0,6151

Tabel 3.21 Tingkat kemungkinan 2 nilai *fuzzy synthetic extent* pada kriteria *cost* yang berhubungan dengan tujuan (sambungan)

V(S2≥S1)	-0,7689	-0,4281	0,0844	-0,3942	1	1	1,5002
V(S2≥S3)	-0,7169	-0,4281	0,1737	-0,7689	1	1	1,1912
V(S3≥S1)	-0,6085	-0,3828	0,0844	-0,7169	1	1	1,3025
V(S3≥S2)	-0,5107	-0,3828	0,243	-0,8853	0,8161	1	0,8161

- d. Kemudian dicari perbandingan nilai *synthetic extent* dan didapatkan nilai minimumnya.

Tabel 3.22 Hasil perbandingan nilai *synthetic extent* dan nilai minimumnya.

	S1≥	S2≥	S3≥
S1		1	1
S2	0,4126		0,8161
S3	0,6151	1	
Min	0,4126	1	0,8161

- e. Kemudian dilakukan perhitungan vektor bobot dan dilakukan normalisasi vektor bobot untuk mengetahui bobot nilai dari masing masing kriteria pada *cost*.

Tabel 3.23 Vektor Bobot

	d'(A1)	d'(A2)	d'(A3)
w'	0,4126	1	0,8161

Tabel 3.24 Normalisasi Vektor Bobot

Prioritas Bobot	W	A1	A2	A3
		0,1663	0,4031	0,329

Berdasarkan pada pengolahan data diatas maka didapatkan bobot dari masing masing atribut sbb :

Tabel 3.25 Nilai bobot kriteria *cost*

COST	
Critical	0,1663261
Medium	0,4031051
Desirable	0,3289837

### 3.2.1.3.2 Bobot Kriteria *Safety*

- a. Perbandingan Berpasangan Kriteria *Safety*.

Tabel 3.26 Perbandingan berpasangan kriteria *safety*

Class	Critical			Medium			Desirable		
	L	M	u	l	m	u	L	m	u
Critical	1	1	1	2	4	6	1	3	5
	1	1	1	0,1111	0,1111	0,1429	0,1111	0,1429	0,2
	1	1	1	0,1111	0,1429	0,2	0,2	0,3333	1
	1	1	1	1	2	4	1	3	5
	1	1	1	0,1111	0,1111	0,1429	0,1111	0,1429	0,2
	1	1	1	0,1111	0,1111	0,1429	0,1111	0,1111	0,1429
	1	1	1	0,2	0,3333	1	0,1111	0,1429	0,2
Medium	0,1667	0,25	0,5	1	1	1	1	3	5
	7	9	9	1	1	1	0,1429	0,2	0,3333
	5	7	9	1	1	1	0,2	0,3333	1
	0,25	0,5	1	1	1	1	1	1	3
	7	9	9	1	1	1	0,2	0,3333	1
	7	9	9	1	1	1	0,1111	0,1111	0,1429
	1	3	5	1	1	1	0,1111	0,1429	0,2
Desirable	0,2	0,3333	1	0,2	0,3333	1	1	1	1

	5	7	9	3	5	7	1	1	1
	1	3	5	1	3	5	1	1	1
	0,2	0,3333	1	0,3333	1	1	1	1	1
	5	7	9	1	3	5	1	1	1
	7	9	9	7	9	9	1	1	1
	5	7	9	5	7	9	1	1	1

Kemudian diambil rata-rata sehingga diperoleh matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria *safety* sebagaimana ditunjukkan dalam tabel berikut :

Tabel 3.27 Matrik perbandingan berpasangan untuk kriteria *safety* setelah diambil rata-rata nilai

Attribute	Critical			Medium			Desirable		
	L	m	u	l	m	u	l	m	u
Critical	1	1	1	0,25	0,3398	0,5434	0,2264	0,3712	0,6018
Medium	1,8402	2,9433	4,0006	1	1	1	0,2552	0,3758	0,7573
Desirable	1,6618	2,6937	4,4171	1,3205	2,6611	3,9181	1	1	1

Uji konsistensi dari tabel diatas

Tabel 3.28 Uji Konsistensi dari Matriks Evaluasi kriteria *safety*

Elemen Penilai	i	J	K	lik	lkj	uik	ukj	lik*lkj	uik*ukj		
a12	1	2	1	1	0,25	1	0,5434	0,25	0,5434	max(Lik*ijk)	0,2989469
	1	2	3	0,2264	1,3205	0,6018	3,9181	0,2989	2,3577	min(uik*ukj)	0,5434196
a13	1	3	1	1	0,2264	1	0,6018	0,2264	0,6018	max(Lik*ijk)	0,2263944
	1	3	2	0,25	0,2552	0,5434	0,7573	0,0638	0,4115	min(uik*ukj)	0,4115352
a23	2	3	1	1,8402	0,2264	4,0006	0,6018	0,4166	2,4074	max(Lik*ijk)	0,4166107
	2	3	2	1	0,2552	1	0,7573	0,2552	0,7573	min(uik*ukj)	0,7573065

- b. Perhitungan nilai *fuzzy sythetic extent* (  $S_i$  ) menggunakan persamaan 2.2.

Tabel 3.29 Hasil perhitungan komponen persamaan *fuzzy extent* untuk matriks perbandingan berpasangan kriteria *safety*.

Attribute	$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$			$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]$			$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1}$		
	L	m	u	l	m	u	l	m	U
Critical	1,4764	1,711	2,1452	8,5541	12,385	17,238	0,058	0,0807	0,1169
Medium	3,0954	4,3191	5,758						
Desirable	3,9823	6,3548	9,3352						

Tabel 3.30 Hasil perhitungan nilai *fuzzy sythetic extent* untuk kriteria *safety* yang berhubungan dengan tujuan hirarki

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes [\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1}$$

Attribute	l	m	u
Critical	0,0856	0,1382	0,2508
Medium	0,1796	0,3487	0,6731
Desirable	0,231	0,5131	1,0913

- c. Setelah itu menentukan tingkat kemungkinan antara 2 nilai *fuzzy sythetic extent* (  $M_2 \geq M_1$  ) berdasarkan persamaan 2.7.

Tabel 3.31 Tingkat kemungkinan 2 nilai *fuzzy sythetic extent* pada kriteria *safety* yang berhubungan dengan tujuan.

Bandangan	ly-ux	mx-ux	my-ly	ly-ux	Nilai	if true	if False
V(S1≥S2)	-0,0712	-0,1126	0,1692	-0,0712	0,2527	1	0,2527

Tabel 3.31 Tingkat kemungkinan 2 nilai *fuzzy sythetic extent* pada kriteria *safety* yang berhubungan dengan tujuan. (sambungan)

V(S1≥S3)	-0,0198	-0,1126	0,2821	-0,0198	0,0501	1	0,0501
V(S2≥S1)	-0,5875	-0,3244	0,0525	-0,2508	1	1	1,5587
V(S2≥S3)	-0,4421	-0,3244	0,2821	-0,5875	0,729	1	0,729
V(S3≥S1)	-1,0057	-0,5782	0,0525	-0,4421	1	1	1,5945
V(S3≥S2)	-0,9117	-0,5782	0,1692	-0,6731	1	1	1,2199

- d. Kemudian dicari perbandingan nilai *sythetic extent* dan didapatkan nilai minimumnya.

Tabel 3.32 Hasil perbandingan nilai *synthetic extent* dan nilai minimumnya.

	S1≥	S2≥	S3≥
S1		1	1
S2	0,2527		1
S3	0,0501	0,729	
Min	0,0501	0,729	1

- e. Kemudian dilakukan perhitungan vektor bobot dan dilakukan normalisasi vektor bobot untuk mengetahui bobot nilai dari masing masing kriteria pada *safety*.

Tabel 3.33 Vektor Bobot

	d'(A1)	d'(A2)	d'(A3)
w'	0,0501	0,729	1

Tabel 3.34 Normalisasi Vektor Bobot

Prioritas Bobot	W	A1	A2	A3
		0,0276	0,4018	0,5512

Berdasarkan pada pengolahan data diatas maka didapatkan bobot dari masing masing atribut sbb :

Tabel 3.35 Nilai bobot kriteria *safety*

SAFETY	
Critical	0,0276027
Medium	0,4018496
Desirable	0,5512491

### 3.2.1.3.3 Bobot Kriteria *Regulatory*

- a. Perbandingan Berpasangan Kriteria *Regulatory*

Tabel 3.36 Perbandingan berpasangan kriteria *regulatory*

Class	Critical			Medium			Desirable		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Critical	1	1	1	5	7	9	1	3	5



	1	1	1	0,1111	0,1111	0,1429	0,1111	0,1111	0,1429
	1	1	1	0,1111	0,1111	0,1429	0,1111	0,1111	0,1429
	1	1	1	5	7	9	1	1	3
	1	1	1	1	3	5	2	4	6
	1	1	1	0,1111	0,1111	0,1429	0,1111	0,1111	0,1429
	1	1	1	0,1429	0,2	0,3333	0,125	0,1667	0,25
Medium	0,1111	0,1429	0,2	1	1	1	3	5	7
	7	9	9	1	1	1	0,1111	0,1111	0,1429
	7	9	9	1	1	1	0,1111	0,1111	0,1429
	0,1111	0,1429	0,2	1	1	1	1	3	5
	0,2	0,3333	1	1	1	1	4	6	8
	7	9	9	1	1	1	0,1111	0,1111	0,1429
Desirable	3	5	7	1	1	1	0,1111	0,1429	0,2
	0,2	0,3333	1	0,1429	0,2	0,3333	1	1	1
	7	9	9	7	9	9	1	1	1
	7	9	9	7	9	9	1	1	1
	0,3333	1	1	0,2	0,3333	1	1	1	1
	0,1667	0,25	0,5	0,125	0,1667	0,25	1	1	1
7	9	9	7	9	9	1	1	1	
4	6	8	5	7	9	1	1	1	

Kemudian diambil rata-rata geometis sehingga diperoleh matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria *regulatory* sebagaimana ditunjukkan dalam tabel 3.37 berikut.

Tabel 3.37 Matrik perbandingan berpasangan untuk kriteria *regulatory* setelah diambil nilai rata-rata geometrik

Attribute	Critical			Medium			Desirable		
	L	m	u	l	m	u	l	m	u
Critical	1	1	1	0,4678	0,6321	0,8753	0,3199	0,4306	0,6776
Medium	1,1425	1,582	2,1379	1	1	1	0,4063	0,5617	0,7719
Desirable	1,4758	2,3225	3,1259	1,2955	1,7804	2,461	1	1	1

Uji konsistensi dari tabel diatas

Tabel 3.38 Uji Konsistensi dari Matriks Evaluasi kriteria *regulatory*

Elemen Penilai	i	j	K	lik	lkj	uik	ukj	lik*lkj	uik*ukj

a12	1	2	1	1	0,4678	1	0,8753	0,4678	0,8753	max(Lik*ijk)	0,4677527
	1	2	3	0,3199	1,2955	0,6776	2,461	0,4145	1,6676	min(ui*k*ukj)	0,8752831
a13	1	3	1	1	0,3199	1	0,6776	0,3199	0,6776	max(Lik*ijk)	0,3199119
	1	3	2	0,4678	0,4063	0,8753	0,7719	0,1901	0,6756	min(ui*k*ukj)	0,6756236
a23	2	3	1	1,1425	0,3199	2,1379	0,6776	0,3655	1,4487	max(Lik*ijk)	0,4063379
	2	3	2	1	0,4063	1	0,7719	0,4063	0,7719	min(ui*k*ukj)	0,7718915

- b. Perhitungan nilai *fuzzy synthetic extent* (  $S_i$  ) menggunakan persamaan 2.2.

Tabel 3.39 Hasil perhitungan komponen persamaan *fuzzy extent* untuk matriks perbandingan berpasangan kriteria *regulatory*

Attribute	$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$			$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]$			$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1}$		
	L	m	u	l	m	u	l	m	U
Critical	1,7877	2,0627	2,5529	8,1078	10,309	13,05	0,0766	0,097	0,1233
Medium	2,5488	3,1436	3,9098						
Desirable	3,7713	5,1029	6,5869						

Tabel 3.40 Hasil perhitungan nilai *fuzzy synthetic extent* untuk kriteria *regulatory* yang berhubungan dengan tujuan hirarki

$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes [\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1}$			
Attribute	l	m	U
Critical	0,137	0,2001	0,3149
Medium	0,1953	0,3049	0,4822
Desirable	0,289	0,495	0,8124

- c. Setelah itu menentukan tingkat kemungkinan antara 2 nilai *fuzzy synthetic extent* (  $M_2 \geq M_1$  ) berdasarkan persamaan 2.7.

Tabel 3.41 Tingkat kemungkinan 2 nilai *fuzzy synthetic extent* pada kriteria *regulatory* yang berhubungan dengan tujuan.

Bandangan	ly-ux	mx-ux	my-ly	ly-ux	Nilai	if true	if

							False
V(S1≥S2)	-0,1196	-0,1148	0,1096	-0,1196	0,5328	1	0,5328
V(S1≥S3)	-0,0259	-0,1148	0,206	-0,0259	0,0807	1	0,0807
V(S2≥S1)	-0,3452	-0,1773	0,0631	-0,3149	1	1	1,4362
V(S2≥S3)	-0,1932	-0,1773	0,206	-0,3452	0,5042	1	0,5042
V(S3≥S1)	-0,6754	-0,3174	0,0631	-0,1932	1	1	1,775
V(S3≥S2)	-0,6171	-0,3174	0,1096	-0,4822	1	1	1,445

d. Kemudian dicari perbandingan nilai *synthetic extent* dan didapatkan nilai minimumnya.

Tabel 3.42 Hasil perbandingan nilai *synthetic extent* dan nilai minimumnya.

	S1≥	S2≥	S3≥
S1		1	1
S2	0,5328		1
S3	0,0807	0,5042	
Min	0,0807	0,5042	1

e. Kemudian dilakukan perhitungan vektor bobot dan dilakukan normalisasi vektor bobot untuk mengetahui bobot nilai dari masing masing kriteria pada *regulatory*.

Tabel 3.43 Vektor Bobot

	d'(A1)	d'(A2)	d'(A3)
w'	0,0807	0,5042	1

Tabel 3.44 Normalisasi Vektor Bobot

Prioritas Bobot	W	A1	A2	A3
		0,0509	0,3181	0,631

Berdasarkan pada pengolahan data diatas maka didapatkan bobot dari masing masing atribut sbb :

Tabel 3.45 Nilai bobot kriteria *regulatory*

REGULATORY	
Critical	0,0508958
Medium	0,3181139

Desirable	0,6309903
-----------	-----------

### 3.2.1.3.4 Bobot Kriteria *Likelihood*

a. Perbandingan Berpasangan Kriteria *Likelihood*

Tabel 3.46 Perbandingan berpasangan kriteria *likelihood*

Class	Critical			Medium			Desirable		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Critical	1	1	1	4	6	8	1	3	5
	1	1	1	0,1111	0,1111	0,1429	0,1111	0,1111	0,1429
	1	1	1	0,1111	0,1111	0,1429	0,1111	0,1111	0,1429
	1	1	1	5	7	9	1	1	3
	1	1	1	1	3	5	2	4	6
	1	1	1	0,1111	0,1111	0,1429	0,1111	0,1111	0,1429
	1	1	1	0,1667	0,25	0,5	1	1	3
Medium	0,125	0,1667	0,25	1	1	1	4	6	8
	7	9	9	1	1	1	0,1111	0,1111	0,1429
	7	9	9	1	1	1	0,1111	0,1111	0,1429
	0,1111	0,1429	0,2	1	1	1	1	3	5
	0,2	0,3333	1	1	1	1	4	6	8
	7	9	9	1	1	1	0,1111	0,1111	0,1429
	2	4	6	1	1	1	0,2	0,3333	1
Desirable	0,2	0,3333	1	0,125	0,1667	0,25	1	1	1
	7	9	9	7	9	9	1	1	1
	7	9	9	7	9	9	1	1	1
	0,3333	1	1	0,2	0,3333	1	1	1	1
	0,1667	0,25	0,5	0,125	0,1667	0,25	1	1	1
	7	9	9	7	9	9	1	1	1
	0,3333	1	1	1	3	5	1	1	1

Kemudian diambil rata-rata geometrik sehingga diperoleh matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria *likelihood* sebagaimana ditunjukkan dalam tabel berikut :

Tabel 3.47 Matrik perbandingan berpasangan untuk kriteria *likelihood* setelah diambil nilai rata-rata geometrik

Attribute	Critical			Medium			Desirable		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u

Critical	1	1	1	0,4632	0,6384	0,912	0,4306	0,5562	0,9664
Medium	1,0965	1,5665	2,1591	1	1	1	0,4605	0,6507	0,9901
Desirable	1,0348	1,798	2,3225	1,01	1,5369	2,1717	1	1	1

Uji konsistensi dari tabel diatas

Tabel 3.48 Uji Konsistensi dari Matriks Evaluasi kriteria *likelihood*

Elemen Penilai	i	j	K	lik	lkj	uik	ukj	lik*lkj	uik*ukj		
a12	1	2	1	1	0,4632	1	0,912	0,4632	0,912	max(Lik*ijk)	0,4631652
	1	2	3	0,4306	1,01	0,9664	2,1717	0,4349	2,0987	min(uik*ukj)	0,9120044
a13	1	3	1	1	0,4306	1	0,9664	0,4306	0,9664	max(Lik*ijk)	0,4305694
	1	3	2	0,4632	0,4605	0,912	0,9901	0,2133	0,903	min(uik*ukj)	0,9030059
a23	2	3	1	1,0965	0,4306	2,1591	0,9664	0,4721	2,0865	max(Lik*ijk)	0,4721134
	2	3	2	1	0,4605	1	0,9901	0,4605	0,9901	min(uik*ukj)	0,9901334

- b. Perhitungan nilai *fuzzy synthetic extent* (  $S_i$  ) menggunakan persamaan 2.2.

Tabel 3.49 Hasil perhitungan komponen persamaan *fuzzy extent* untuk matriks perbandingan berpasangan kriteria *likelihood*

	$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$			$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]$			$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1}$		
Attribute	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Critical	1,8937	2,1946	2,8784	7,4954	9,7466	12,522	0,0799	0,1026	0,1334
Medium	2,557	3,2171	4,1492						
Desirable	3,0447	4,3349	5,4942						

Tabel 3.50 Hasil perhitungan nilai *fuzzy synthetic extent* untuk kriteria *likelihood* yang berhubungan dengan tujuan hirarki

$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes [\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1}$			
Attribute	l	m	u
Critical	0,1512	0,2252	0,384
Medium	0,2042	0,3301	0,5536
Desirable	0,2432	0,4448	0,733

- c. Setelah itu menentukan tingkat kemungkinan antara 2 nilai *fuzzy synthetic extent* ( $M2 \geq M1$ ) berdasarkan persamaan 2.7.

Tabel 3.51 Tingkat kemungkinan 2 nilai *fuzzy synthetic extent* pada kriteria *likelihood* yang berhubungan dengan tujuan.

Bandingan	ly-ux	mx-ux	my-ly	ly-ux	Nilai	if true	if False
V(S1≥S2)	-0,1798	-0,1589	0,1259	-0,1798	0,6315	1	0,6315
V(S1≥S3)	-0,1409	-0,1589	0,2016	-0,1409	0,3908	1	0,3908
V(S2≥S1)	-0,4023	-0,2235	0,0739	-0,384	1	1	1,3528
V(S2≥S3)	-0,3104	-0,2235	0,2016	-0,4023	0,7302	1	0,7302
V(S3≥S1)	-0,5818	-0,2882	0,0739	-0,3104	1	1	1,6063
V(S3≥S2)	-0,5288	-0,2882	0,1259	-0,5536	1	1	1,2769

- d. Kemudian dicari perbandingan nilai *synthetic extent* dan didapatkan nilai minimumnya.

Tabel 3.52 Hasil perbandingan nilai *synthetic extent* dan nilai minimumnya.

	S1≥	S2≥	S3≥
S1			1
S2	0,6315		1
S3	0,3908	0,7302	
Min	0,3908	0,7302	1

- e. Kemudian dilakukan perhitungan vektor bobot dan dilakukan normalisasi vektor bobot untuk mengetahui bobot nilai dari masing masing kriteria pada *likelihood*.

Vektor bobot

Tabel 3.53 Vektor Bobot

	d'(A1)	d'(A2)	d'(A3)
w'	0,3908	0,7302	1

Normalisasi

Tabel 3.54 Normalisasi Vektor Bobot

Prioritas Bobot	W	A1	A2	A3
		0,1842	0,3443	0,4715

Berdasarkan pada pengolahan data diatas maka didapatkan bobot dari masing masing atribut sbb :

Tabel 3.55 Nilai bobot kriteria *Likelihood*

LIKELIHOOD	
Critical	0,1842467
Medium	0,3442795
Desirable	0,4714737

Setelah menentukan bobot antar kriteria pada satu *node* kemudian dihitung bobot klasifikasinya, selanjutnya dihitung *composite weight* untuk kombinasi attribute dan *criticality class*, dan yang terakhir dibuat *boundary condition* sebagai acuan penentuan kelas klasifikasi.

Tabel 3.56 Perhitungan *Composite Weight Spare part Plant Criticality*

Attribute	Attribute Weight		Criticality-Class				Composite Weight		
			Critical	Medium	Desirable		Critical	Medium	Desirable
Cost	0,0755139	x	0,1663	0,4031	0,329	=	0,013	0,030	0,025
Safety	0,452051		0,0276	0,4018	0,5512		0,012	0,182	0,249
Regulatory	0,3707527		0,0509	0,3181	0,631		0,019	0,118	0,234
Likelihood	0,1016825		0,1842	0,3443	0,4715		0,019	0,035	0,048

Kemudian dihitung *Boundary Condition* :

$$\begin{aligned}
 - \text{Lower boundary Critical condition} &= 0,013 + 0,012 + 0,019 + 0,019 \\
 &= 0,06
 \end{aligned}$$

- *Upper boundary Critical condition* = 0,025 + 0,012 + 0,019 + 0,019 = 0,08
- *Lower boundary Desirable condition* = 0,249 + 0,234 + 0,048 + 0,012 = 0,54
- *Upper boundary Desirable condition* = 0,025 + 0,249 + 0,234 + 0,048 = 0,56

Tabel 3.57 *Boundary Condition* kriteria *Weight Spare part Plant Criticality*

Spare Part Plant Criticality Classification	Critical		Medium		Desirable	
	0.06	0.08	0.09	0.53	0.54	0.56
Composite Weight						

### 3.2.2 Spare Supply Characteristic

#### 3.2.2.1 Pembobotan Kriteria Utama dengan Metoda Fuzzy AHP

Dengan perhitungan seperti pada *Spart Plant Criticality* didapatkan pembobotan sebagai berikut :

Tabel 3.58 Nilai bobot kriteria *Spare Supply Characteristic*

Spare Supply Characteristic	
Warehouse Stock	0,222041
Refurbishment	0,186419
Cannibalism	0,015275
Surplus	0,177004
Direct Charge	0,176068
Vendor Stock	0,223194

#### 3.2.2.2 Penentuan kelas Klasifikasi dan Kondisi Batas

Tabel 3.59 Perhitungan *Composite Weight Spare Supply Characteristic*

Attribute	Attribute Weight	x	Criticality-Class			=	Composite Weight		
			Critical	Medium	Desirable		Critical	Medium	Desirable
Warehouse Stock	0,22204		0,11057	0,35460	0,53482	0,02455	0,07874	0,11875	
Refurbishment	0,18642		0,00777	0,25593	0,73631	0,00145	0,04771	0,13726	
Cannibalism	0,01528		0,00874	0,27037	0,72089	0,00013	0,00413	0,01101	
Surplus	0,177		0,03993	0,24298	0,71709	0,00707	0,04301	0,12693	



Direct Charge	0,17607	0,07791	0,17881	0,74328	0,01372	0,03148	0,13087
Vendor Stock	0,22319	0,04855	0,05304	0,89841	0,01084	0,01184	0,20052

Kemudian dihitung *Boundary Condition* :

- *Lower boundary Critical condition* =  $0,0245 + 0,0014 + 0,00013 + 0,0070 + 0,0137 + 0,0108 = 0,0578$
- *Upper boundary Critical condition* =  $0,0245 + 0,0014 + 0,01101 + 0,0070 + 0,0137 + 0,0108 = 0,0686$
- *Lower boundary Desirable condition* =  $0,1187 + 0,1372 + 0,0001 + 0,1269 + 0,1308 + 0,2005 = 0,7145$
- *Upper boundary Desirable condition* =  $0,1187 + 0,1372 + 0,0110 + 0,1269 + 0,1308 + 0,2005 = 0,7253$

Tabel 3.60 *Boundary Condition* kriteria *Spare Supply Characteristic*

Spare Supply Characteristic Classification	Critical		Medium		Desirable	
Composite Weight	0,0578	0,0686	0,0687	0,7144	0,7145	0,7253

### 3.2.3 Inventory Problem

#### 3.2.3.1 Pembobotan Kriteria Utama dengan Metoda Fuzzy AHP

Tabel 3.61 Nilai bobot kriteria *Inventory Problem*

Inventory Problem	
Warehouse Location	0.231636
Space Required	0.21437
Price	0.254855
Deterioration Problem	0.191578
Simmilarity/dualism	0.107561

#### 3.2.3.2 Penentuan kelas Klasifikasi dan Kondisi Batas

Tabel 3.62 Perhitungan *Composite Weight* criteria *inventory Problem*



Attribute	Weight		Critical	Medium	Desirable		Critical	Medium	Desirable
Warehouse Location	0.2316	x	0.0102	0.1241	0.8658	=	0.0024	0.0287	0.2005
Space Required	0.2144		0.0325	0.3810	0.5865		0.0070	0.0817	0.1257
Price	0.2549		0.0752	0.2792	0.6457		0.0192	0.0711	0.1645
Deterioration Problem	0.1916		0.0371	0.3793	0.5836		0.0071	0.0727	0.1118
Similarity/dualism	0.1076		0.0048	0.3273	0.6678		0.0005	0.0352	0.0718

Kemudian dihitung *Boundary Condition* :

- *Lower boundary Critical condition* =  $0,0024 + 0,0070 + 0,0192 + 0,0071 + 0,0005 = 0,0361$
- *Upper boundary Critical condition* =  $0,0024 + 0,0070 + 0,0192 + 0,0071 + 0,0718 = 0,1074$
- *Lower boundary Desirable condition* =  $0,2005 + 0,1257 + 0,1645 + 0,1118 + 0,0005 = 0,6031$
- *Upper boundary Desirable condition* =  $0,2005 + 0,1257 + 0,1645 + 0,1118 + 0,0718 = 0,6745$

Tabel 3.63 *Boundary Condition* kriteria *Spare Inventory Problem*

Inventory Problem Classification	Critical		Medium		Desirable	
Composite Weight	0.0361	0.1074	0.1174	0.5931	0.6031	0.6745

### 3.2.4 Procurement Problem

#### 3.2.4.1 Pembobotan Kriteria Utama dengan Metoda Fuzzy AHP

Tabel 3.64 Nilai bobot kriteria *Procurement Problem*

Procurement Problem	
Price	0.126741
Lead Time	0.184071
No Potential Supplier	0.03437
Material Specification	0.224528
Internal Proses	0.192362
Government Regulation	0.23793

#### 3.2.4.2 Penentuan kelas Klasifikasi dan Kondisi Batas

Tabel 3.65 Perhitungan *Composite Weight Procurement Problem*

Attribute	Attribute Weight	Criticality-Class			Composite Weight		
		Critical	Medium	Desirable	Critical	Medium	Desirable
Price	0.1267	0.0266	0.3294	0.6440	0.0034	0.0418	0.0816
Lead Time	0.1841	0.0400	0.3717	0.5882	0.0074	0.0684	0.1083
No Potential Supplier	0.0344	0.0131	0.3388	0.6482	0.0004	0.0116	0.0223
Material Specification	0.2245	0.0155	0.2610	0.7235	0.0035	0.0586	0.1624
Internal Proces	0.1924	0.0307	0.3000	0.6693	0.0059	0.0577	0.1287
Government Regulation	0.2379	0.0457	0.3029	0.6514	0.0109	0.0721	0.1550

Kemudian dihitung *Boundary Condition* :

- *Lower boundary Critical condition* = 0,0034 + 0,0074 + 0,0004 + 0,0035 + 0,0059 + 0,0109 = 0,0315
- *Upper boundary Critical condition* = 0,0034 + 0,0074 + 0,0223 + 0,0035 + 0,0059 + 0,0109 = 0,0533
- *Lower boundary Desirable condition* = 0,0816 + 0,1083 + 0,0004 + 0,1624 + 0,1287 + 0,1550 = 0,6365
- *Upper boundary Desirable condition* = 0,0816 + 0,1083 + 0,0223 + 0,1624 + 0,1287 + 0,1550 = 0,6583

Tabel 3.66 *Boundary Condition* kriteria *Procurement Problem*

Procurement Problem Classification	Critical		Medium		Desirable	
Composite Weight	0.0315	0.0533	0.0543	0.6355	0.6365	0.6583

### 3.2.5 Usage Rate

#### 3.2.5.1 Pembobotan Kriteria Utama dengan Metoda Fuzzy AHP

Tabel 3.67 Nilai bobot kriteria *Usage Rate*

Usage Rate	
Number Identical Part in the plant	0.2741
Redundancies	0.3908

Frequency of Failure	0.3351
----------------------	--------

### 3.2.5.2 Penentuan kelas Klasifikasi dan Kondisi Batas

Tabel 3.68 Perhitungan *Composite Weight Usage Rate*

Attribute	Attribute Weight		Criticality-Class				Composite Weight		
			Critical	Medium	Desirable		Critical	Medium	Desirable
Number Identical Part in the plant	0.2741	x	0.0119	0.2921	0.6960	=	0.0033	0.0801	0.1908
Redundancies	0.3908		0.2678	0.3702	0.3620		0.1046	0.1447	0.1415
Frequency of Failure	0.3351		0.0222	0.3497	0.6281		0.0074	0.1172	0.2105

Kemudian dihitung *Boundary Condition* :

- *Lower boundary Critical condition* = 0,0033 + 0,1046 + 0,0074 = 0,1153
- *Upper boundary Critical condition* = 0,1415 + 0,1046 + 0,0074 = 0,2535
- *Lower boundary Desirable condition* = 0,1908 + 0,0033 + 0,2105 = 0,5427
- *Upper boundary Desirable condition* = 0,1908 + 0,1415 + 0,2105 = 0,5427

Tabel 3.69 *Boundary sCondition kriteria Usage Rate*

Usage Rate Classification	Critical		Medium		Desirable	
Composite Weight	0.1153	0.2535	0.2635	0.3945	0.4045	0.5427

### 3.2.6 Contoh Aplikasi Klasifikasi

Aplikasi klasifikasi mengambil sampel data sebanyak 18 item sebagai representasi dari kelas A, B dan C yang dibagi berdasarkan prinsip ABC. Kemudian masing masing item tersebut dilengkapi kriterianya dan kemudian dihitung nilai *composite weight* nya selanjutnya nilai *composite weight* total digunakan untuk menentukan tingkat kekritisian yang baru menggunakan MASTA .

Tabel 3.70 Contoh 18 Item material dengan klasifikasi ABC

No	Item Number	Description	ABC Classification
1	213263	BAR, METAL 1-1/2 IN; 20 FT/LG;	A
2	214149	SHAFT 1-11/16 X 1-1/2 IN; SIZE	A
3	215436	SHAFT, PUMP FOR MDL.	A
4	224743	POSITIONER, VALVE 3 TO 15 PSI;	A
5	241401	VALVE: CHOKE PRODUCTION CAGE	A
6	242393	COMPRESSOR:RECIPROCATING HEAVY	A
7	210026	VALVE: NEEDLE 1/4" X 1/4"MNPT	B
8	210931	ELBOW: PIPE 2 IN, 3000 PSI, 90	B
9	231138	BEARING, SLEEVE	B
10	233586	PLUNGER 1-3/4 IN; FOR SLOOP	B
11	240251	SEAL, LABYRINTH, SHROUD FOR	B
12	229929	FILTER ELEMENT, FLUID ID :	B
13	212057	GAUGE: PRESSURE,0-300 PSI,2.5"	C
14	222191	VALVE: BALL,1/2" X 1/2" MNPT,	C
15	225318	ROTARY UNIT USE FOR CRUDE OIL	C
16	232125	CONNECTOR: TUBING, STRAIGHT,	C
17	237813	BELT: V,PITCH LENGTH 124,0157"	C
18	242616	GASKET, SPIRAL WOUND 4 IN; 150	C

### 3.2.6.1 Spare Part Plant Criticality

Tabel 3.71 Data Atribut *Spare Part Criticality* Setiap Item Material

Spare Part Plant Criticality Classification					
No	Item Number	Cost	Safety	Regulatory	Likelihood
1	213263	Medium : \$ = 10K	Medium : Recordable /	Desirable : non reportable /	Critical : f < 1

		- 100K	nearmiss	nearmiss	tahun
2	214149	Medium : \$ = 10K - 100K	Medium : Recordable / nearmiss	Desirable : non reportable / nearmiss	Critical : f < 1 tahun
3	215436	Medium : \$ = 10K - 100K	Medium : Recordable / nearmiss	Desirable : non reportable / nearmiss	Critical : f < 1 tahun
4	224743	Desirable : \$ < 10K	Medium : Recordable / nearmiss	Desirable : non reportable / nearmiss	Medium : f = 1 - 5 tahun
5	241401	Medium : \$ = 10K - 100K	Desirable : No Injury / nearmiss	Medium : Reportable	Critical : f < 1 tahun
6	242393	Desirable : \$ < 10K	Medium : Recordable / nearmiss	Desirable : non reportable / nearmiss	Critical : f < 1 tahun
7	210026	Desirable : \$ < 10K	Desirable : No Injury / nearmiss	Desirable : non reportable / nearmiss	Critical : f < 1 tahun
8	210931	Desirable : \$ < 10K	Desirable : No Injury / nearmiss	Desirable : non reportable / nearmiss	Critical : f < 1 tahun
9	231138	Desirable : \$ < 10K	Medium : Recordable / nearmiss	Desirable : non reportable / nearmiss	Medium : f = 1 - 5 tahun
10	233586	Desirable : \$ < 10K	Medium : Recordable / nearmiss	Desirable : non reportable / nearmiss	Medium : f = 1 - 5 tahun
11	240251	Desirable : \$ < 10K	Medium : Recordable / nearmiss	Desirable : non reportable / nearmiss	Medium : f = 1 - 5 tahun
12	229929	Desirable : \$ < 10K	Desirable : No Injury / nearmiss	Desirable : non reportable / nearmiss	Critical : f < 1 tahun
13	212057	Desirable : \$ < 10K	Desirable : No Injury / nearmiss	Desirable : non reportable / nearmiss	Critical : f < 1 tahun
14	222191	Desirable : \$ < 10K	Desirable : No Injury / nearmiss	Desirable : non reportable / nearmiss	Critical : f < 1 tahun
15	225318	Desirable : \$ < 10K	Medium : Recordable / nearmiss	Desirable : non reportable / nearmiss	Medium : f = 1 - 5 tahun
16	232125	Desirable : \$ < 10K	Desirable : No Injury / nearmiss	Desirable : non reportable / nearmiss	Critical : f < 1 tahun
17	237813	Desirable : \$ < 10K	Desirable : No Injury / nearmiss	Desirable : non reportable / nearmiss	Medium : f = 1 - 5 tahun
18	242616	Desirable : \$ < 10K	Desirable : No Injury / nearmiss	Desirable : non reportable / nearmiss	Critical : f < 1 tahun

Tabel 3.72 Perhitungan tingkat kekritisan dari atribut *spare part criticality* setiap item material

No	Item Number	Cost Composite Weight	Safety Composite Weight	Regulatory Composite Weight	Likelihood Composite Weight	Total Composite Weight	Spare Part Plant Criticality Classification
1	213263	0.0304	0.1817	0.2339	0.0187	0.4648	Medium
2	214149	0.0304	0.1817	0.2339	0.0187	0.4648	Medium
3	215436	0.0304	0.1817	0.2339	0.0187	0.4648	Medium
4	224743	0.0248	0.1817	0.2339	0.0350	0.4754	Medium
5	241401	0.0304	0.2492	0.1179	0.0187	0.4163	Medium
6	242393	0.0248	0.1817	0.2339	0.0187	0.4592	Medium
7	210026	0.0248	0.2492	0.2339	0.0187	0.5267	Medium
8	210931	0.0248	0.2492	0.2339	0.0187	0.5267	Medium
9	231138	0.0248	0.1817	0.2339	0.0350	0.4754	Medium
10	233586	0.0248	0.1817	0.2339	0.0350	0.4754	Medium
11	240251	0.0248	0.1817	0.2339	0.0350	0.4754	Medium
12	229929	0.0248	0.2492	0.2339	0.0187	0.5267	Medium
13	212057	0.0248	0.2492	0.2339	0.0187	0.5267	Medium
14	222191	0.0248	0.2492	0.2339	0.0187	0.5267	Medium
15	225318	0.0248	0.1817	0.2339	0.0350	0.4754	Medium
16	232125	0.0248	0.2492	0.2339	0.0187	0.5267	Medium
17	237813	0.0248	0.2492	0.2339	0.0350	0.5430	Desirable
18	242616	0.0248	0.2492	0.2339	0.0187	0.5267	Medium

### 3.2.6.2 Spare Supply Characteristic

Tabel 3.73 Data atribut *spare supply characteristic* setiap item material

Spare Supply Characteristic Classification							
No	Item Number	Warehouse Stock	Refurbishment	Cannibalism	Surplus	Direct Charge	Vendor Stock
1	213263	Desirable :100 %	Critical : Cannot be repair	Medium : can be canibal but not recommend	Critical : no surplus	Critical : not available in indonesia	Critical : lead time > 6 week
2	214149	Desirable :100 %	Critical : Cannot be repair	Medium : can be canibal but not recommend	Critical : no surplus	Critical : not available in indonesia	Critical : lead time > 6 week
3	215436	Desirable :100 %	Critical : Cannot be repair	Medium : can be canibal but not recommend	Critical : no surplus	Critical : not available in indonesia	Critical : lead time > 6 week
4	224743	Desirable :100 %	Critical : Cannot be repair	Medium : can be canibal but not recommend	Critical : no surplus	Medium : not available in local market	Critical : lead time > 6 week
5	241401	Medium : stock 75%-99%	Medium : repairable but shorter lifetime	Medium : can be canibal but not recommend	Critical : no surplus	Critical : not available in indonesia	Critical : lead time > 6 week
6	242393	Medium : stock 75%-99%	Critical : Cannot be repair	Critical : cannot cannibal	Critical : no surplus	Medium : not available in local market	Medium : lead time 2-6 week
7	210026	Medium : stock 75%-	Critical : Cannot be repair	Desirable : can be canibal without	Critical : no	Medium : not available in local	Medium : lead time 2-6

		99%		effect	surplus	market	week
--	--	-----	--	--------	---------	--------	------

Tabel 3.73 Data atribut *spare supply characteristic* setiap item material (sambungan)

8	210931	Critical : stock < 75%	Critical : Cannot be repair	Medium : can be canibal but not recommend	Critical : no surplus	Medium : not available in local market	Medium : lead time 2-6 week
9	231138	Desirable :100 %	Critical : Cannot be repair	Critical : cannot cannibal	Critical : no surplus	Critical : not available in indonesia	Critical : lead time > 6 week
10	233586	Desirable :100 %	Critical : Cannot be repair	Critical : cannot cannibal	Critical : no surplus	Medium : not available in local market	Medium : lead time 2-6 week
11	240251	Desirable :100 %	Critical : Cannot be repair	Critical : cannot canibal	Critical : no surplus	Critical : not available in indonesia	Critical : lead time > 6 week
12	229929	Critical : stock < 75%	Medium : repairable but shorter lifetime	Desirable : can be canibal without effect	Critical : no surplus	Desirable : available in local market	Desirable : lead time < week
13	212057	Critical : stock < 75%	Medium : repairable but shorter lifetime	Desirable : can be canibal without effect	Critical : no surplus	Medium : not available in local market	Medium : lead time 2-6 week
14	222191	Desirable :100 %	Critical : Cannot be repair	Medium : can be canibal but not recomend	Critical : no surplus	Critical : not available in indonesia	Desirable : lead time < week
15	225318	Desirable :100 %	Medium : repairable but shorter lifetime	Critical : cannot cannibal	Critical : no surplus	Critical : not available in indonesia	Critical : lead time > 6 week
16	232125	Critical : stock < 75%	Critical : Cannot be repair	Desirable : can be canibal without effect	Critical : no surplus	Desirable : available in local market	Desirable : lead time < week
17	237813	Desirable :100 %	Critical : Cannot be repair	Medium : can be canibal but not recomend	Critical : no surplus	Desirable : available in local market	Medium : lead time 2-6 week
18	242616	Desirable :100 %	Critical : Cannot be repair	Critical : cannot cannibal	Critical : no surplus	Desirable : available in local market	Desirable : lead time < week

Tabel 3.74 Perhitungan tingkat kekritisan dari atribut *spare supply characteristic* setiap item material

Spare Supply Characteristic Classification									
No	Item Number	Warehouse Stock Composite Weight	Refurbishment Composite Weight	Cannibalism Composite Weight	Surplus Composite Weight	Direct Charge Composite Weight	Vendor Stock Composite Weight	Total Composite Weight	Spare Supply Characteristic Classification
1	213263	0.1188	0.0014	0.0041	0.0071	0.0137	0.0108	0.1560	Medium
2	214149	0.1188	0.0014	0.0041	0.0071	0.0137	0.0108	0.1560	Medium



3	215436	0.1188	0.0014	0.0041	0.0071	0.0137	0.0108	0.1560	Medium
4	224743	0.1188	0.0014	0.0041	0.0071	0.0315	0.0108	0.1737	Medium
5	241401	0.0787	0.0477	0.0041	0.0071	0.0137	0.0108	0.1622	Medium
6	242393	0.0787	0.0014	0.0001	0.0071	0.0315	0.0118	0.1307	Medium
7	210026	0.0787	0.0014	0.0110	0.0071	0.0315	0.0118	0.1416	Medium
8	210931	0.0246	0.0014	0.0041	0.0071	0.0315	0.0118	0.0805	Medium
9	231138	0.1188	0.0014	0.0001	0.0071	0.0137	0.0108	0.1520	Medium

Tabel 3.74 Perhitungan tingkat kekritisan dari atribut *spare supply characteristic* setiap item material (sambungan)

10	233586	0.1188	0.0014	0.0001	0.0071	0.0315	0.0118	0.1707	Medium
11	240251	0.1188	0.0014	0.0001	0.0071	0.0137	0.0108	0.1520	Medium
12	229929	0.0246	0.0477	0.0110	0.0071	0.1309	0.2005	0.4217	Medium
13	212057	0.0246	0.0477	0.0110	0.0071	0.0315	0.0118	0.1337	Medium
14	222191	0.1188	0.0014	0.0041	0.0071	0.0137	0.2005	0.3456	Medium
15	225318	0.1188	0.0477	0.0001	0.0071	0.0137	0.0108	0.1982	Medium
16	232125	0.0246	0.0014	0.0110	0.0071	0.1309	0.2005	0.3755	Medium
17	237813	0.1188	0.0014	0.0041	0.0071	0.1309	0.0118	0.2741	Medium
18	242616	0.1188	0.0014	0.0001	0.0071	0.1309	0.2005	0.4588	Medium

### 3.2.6.3 Inventory Problem Classification

Tabel 3.75 Data atribut *Inventory Problem* setiap item material

Inventory Problem Classification						
No	Item Number	Warehouse Location	Space Required	Price	Deterioration Problem	Similarity/dualism
1	213263	Medium : reachable 2-24 hour	Medium : size 1%-10% space	Desirable : price < 1K	Desirable : price/expired time <1% budget	Critical : > 5ea simillar
2	214149	Medium : reachable 2-24 hour	Medium : size 1%-10% space	Medium : price = \$1K - \$25K	Desirable : price/expired time <1% budget	Medium : 1-5ea simillar
3	215436	Critical : reachable > 24 hour	Desirable : size < 1% space	Medium : price = \$1K - \$25K	Desirable : price/expired time <1% budget	Critical : > 5ea simillar
4	224743	Critical : reachable > 24 hour	Desirable : size < 1% space	Desirable : price < 1K	Desirable : price/expired time <1% budget	Critical : > 5ea simillar
5	241401	Critical : reachable > 24 hour	Medium : size 1%-10% space	Medium : price = \$1K - \$25K	Desirable : price/expired time <1% budget	Critical : > 5ea simillar
6	242393	Critical : reachable > 24 hour	Desirable : size < 1% space	Medium : price = \$1K - \$25K	Desirable : price/expired time <1% budget	Critical : > 5ea simillar
7	210026	Medium : reachable 2-24	Desirable : size < 1% space	Desirable : price < 1K	Desirable : price/expired time <1% budget	Critical : > 5ea simillar

		hour				
8	210931	Desirable : reachable < 2 hour	Desirable : size < 1% space	Desirable : price < 1K	Desirable : price/expired time <1% budget	Critical : > 5ea simillar
9	231138	Critical : reachable > 24 hour	Desirable : size < 1% space	Desirable : price < 1K	Desirable : price/expired time <1% budget	Medium : 1-5ea simillar
10	233586	Medium : reachable 2-24 hour	Desirable : size < 1% space	Desirable : price < 1K	Desirable : price/expired time <1% budget	Critical : > 5ea simillar

Tabel 3.75 Data atribut *Inventory Problem* setiap item material (sambungan)

11	240251	Desirable : reachable < 2 hour	Desirable : size < 1% space	Desirable : price < 1K	Desirable : price/expired time <1% budget	Medium : 1-5ea simillar
12	229929	Desirable : reachable < 2 hour	Medium : size 1%-10% space	Desirable : price < 1K	Desirable : price/expired time <1% budget	Critical : > 5ea simillar
13	212057	Medium : reachable 2-24 hour	Desirable : size < 1% space	Desirable : price < 1K	Desirable : price/expired time <1% budget	Critical : > 5ea simillar
14	222191	Medium : reachable 2-24 hour	Desirable : size < 1% space	Desirable : price < 1K	Desirable : price/expired time <1% budget	Critical : > 5ea simillar
15	225318	Medium : reachable 2-24 hour	Desirable : size < 1% space	Desirable : price < 1K	Desirable : price/expired time <1% budget	Critical : > 5ea simillar
16	232125	Critical : reachable > 24 hour	Desirable : size < 1% space	Desirable : price < 1K	Desirable : price/expired time <1% budget	Critical : > 5ea simillar
17	237813	Desirable : reachable < 2 hour	Desirable : size < 1% space	Desirable : price < 1K	Medium : price/expired time 1% - 5% budget	Critical : > 5ea simillar
18	242616	Medium : reachable 2-24 hour	Desirable : size < 1% space	Desirable : price < 1K	Medium : price/expired time 1% - 5% budget	Critical : > 5ea simillar

Tabel 3.76 Perhitungan tingkat kekritisan dari atribut *Inventory Problem* setiap item material

Inventory Problem Classification								
No	Item Number	Warehouse Location Composite Weight	Space Required Composite	Price Composite Weight	Deterioration Composite Weight	Simmilarity Composite Weight	Total Composite Weight	Inventory Problem Classification
1	213263	0.0287	0.0817	0.1645	0.1118	0.0005	0.3873	Medium
2	214149	0.0287	0.0817	0.0711	0.1118	0.0352	0.3286	Medium
3	215436	0.0024	0.1257	0.0711	0.1118	0.0005	0.3116	Medium

4	224743	0.0024	0.1257	0.1645	0.1118	0.0005	0.4050	Medium
5	241401	0.0024	0.0817	0.0711	0.1118	0.0005	0.2675	Medium
6	242393	0.0024	0.1257	0.0711	0.1118	0.0005	0.3116	Medium
7	210026	0.0287	0.1257	0.1645	0.1118	0.0005	0.4313	Medium
8	210931	0.2005	0.1257	0.1645	0.1118	0.0005	0.6031	Desirable
9	231138	0.0024	0.1257	0.1645	0.1118	0.0352	0.4396	Medium
10	233586	0.0287	0.1257	0.1645	0.1118	0.0005	0.4313	Medium
11	240251	0.2005	0.1257	0.1645	0.1118	0.0352	0.6378	Desirable
12	229929	0.2005	0.0817	0.1645	0.1118	0.0005	0.5591	Medium
13	212057	0.0287	0.1257	0.1645	0.1118	0.0005	0.4313	Medium
14	222191	0.0287	0.1257	0.1645	0.1118	0.0005	0.4313	Medium
15	225318	0.0287	0.1257	0.1645	0.1118	0.0005	0.4313	Medium
16	232125	0.0024	0.1257	0.1645	0.1118	0.0005	0.4050	Medium
17	237813	0.2005	0.1257	0.1645	0.0727	0.0005	0.5640	Medium
18	242616	0.0287	0.1257	0.1645	0.0727	0.0005	0.3922	Medium

### 3.2.6.4 Procurement Problem Classification

Tabel 3.77 Data atribut *Procurement Problem* setiap item material

Procurement Problem Classification							
No	Item Number	Price	Lead Time	No Potential Supplier	Material Specification	Internal Proses	Government Regulation
1	213263	Medium : local vendor price 1- 4x sole agent	Medium : procurement 2- 6 month	Medium : < 5 supplier in indonesia	Medium : 2- 4 acceptable	Medium : 1-3 month	Medium : comply but 1- 3 month
2	214149	Medium : local vendor price 1- 4x sole agent	Medium : procurement 2- 6 month	Critical : 1 supplier in the world	Medium : 2- 4 acceptable	Medium : 1-3 month	Medium : comply but 1- 3 month
3	215436	Medium : local vendor price 1- 4x sole agent	Medium : procurement 2- 6 month	Medium : < 5 supplier in indonesia	Medium : 2- 4 acceptable	Medium : 1-3 month	Medium : comply but 1- 3 month
4	224743	Medium : local vendor price 1- 4x sole agent	Medium : procurement 2- 6 month	Medium : < 5 supplier in indonesia	Medium : 2- 4 acceptable	Medium : 1-3 month	Medium : comply but 1- 3 month
5	241401	Medium : local vendor price 1- 4x sole agent	Medium : procurement 2- 6 month	Medium : < 5 supplier in indonesia	Medium : 2- 4 acceptable	Medium : 1-3 month	Medium : comply but 1- 3 month
6	242393	Medium : local vendor price 1- 4x sole agent	Medium : procurement 2- 6 month	Medium : < 5 supplier in indonesia	Critical : only 1 acceptable	Medium : 1-3 month	Medium : comply but 1- 3 month
7	210026	Medium : local vendor price 1- 4x sole agent	Desirable : procurement < 2 month	Desirable : > 5 Supplier in indonesia	Desirable : > 5 acceptable	Desirable : < 1 month	Desirable : no constraint
8	210931	Medium : local vendor price 1- 4x sole agent	Medium : procurement 2- 6 month	Medium : < 5 supplier in indonesia	Desirable : > 5 acceptable	Medium : 1-3 month	Medium : comply but 1- 3 month
9	231138	Medium : local vendor price 1- 4x	Medium : procurement 2-	Medium : < 5 supplier in	Medium : 2- 4 acceptable	Medium : 1-3	Medium : comply but 1-

		sole agent	6 month	indonesia		month	3 month
10	233586	Medium : local vendor price 1- 4x sole agent	Medium : procurement 2- 6 month	Medium : < 5 supplier in indonesia	Critical : only 1 acceptable	Medium : 1-3 month	Medium : comply but 1- 3 month
11	240251	Medium : local vendor price 1- 4x sole agent	Critical : procurement > 6 month	Medium : < 5 supplier in indonesia	Critical : only 1 acceptable	Medium : 1-3 month	Medium : comply but 1- 3 month
12	229929	Medium : local vendor price 1- 4x sole agent	Desirable : procurement < 2 month	Desirable : > 5 Supplier in indonesia	Medium : 2- 4 acceptable	Desirable : < 1 month	Desirable : no constraint
13	212057	Medium : local vendor price 1- 4x sole agent	Medium : procurement 2- 6 month	Desirable : > 5 Supplier in indonesia	Desirable : > 5 acceptable	Desirable : < 1 month	Desirable : no constraint
14	222191	Medium : local vendor price 1- 4x sole agent	Desirable : procurement < 2 month	Medium : < 5 supplier in indonesia	Medium : 2- 4 acceptable	Medium : 1-3 month	Desirable : no constraint
15	225318	Medium : local vendor price 1- 4x sole agent	Medium : procurement 2- 6 month	Medium : < 5 supplier in indonesia	Medium : 2- 4 acceptable	Medium : 1-3 month	Medium : comply but 1- 3 month

Tabel 3.77 Data atribut *Procurement Problem* setiap item material (sambungan)

16	232125	Medium : local vendor price 1- 4x sole agent	Desirable : procurement < 2 month	Medium : < 5 supplier in indonesia	Medium : 2- 4 acceptable	Medium : 1-3 month	Medium : comply but 1- 3 month
17	237813	Medium : local vendor price 1- 4x sole agent	Medium : procurement 2- 6 month	Desirable : > 5 Supplier in indonesia	Desirable : > 5 acceptable	Desirable : < 1 month	Desirable : no constraint
18	242616	Medium : local vendor price 1- 4x sole agent	Desirable : procurement < 2 month	Desirable : > 5 Supplier in indonesia	Desirable : > 5 acceptable	Desirable : < 1 month	Desirable : no constraint

Tabel 3.78 Perhitungan tingkat kekritisan dari atribut *Procurement Problem* setiap item material

Procurement Problem Classification									
No	Item Number	Price Composite Weight	Lead Time Composite Weight	No Supplier Composite Weight	Material Spec Composite Weight	Internal Process Composite Weight	Government Regulation Composite Weight	Total Composite Weight	Procurement Problem Classification
1	213263	0.0418	0.0684	0.0116	0.0586	0.0577	0.0721	0.3102	Medium
2	214149	0.0418	0.0684	0.0004	0.0586	0.0577	0.0721	0.2990	Medium
3	215436	0.0418	0.0684	0.0116	0.0586	0.0577	0.0721	0.3102	Medium
4	224743	0.0418	0.0684	0.0116	0.0586	0.0577	0.0721	0.3102	Medium
5	241401	0.0418	0.0684	0.0116	0.0586	0.0577	0.0721	0.3102	Medium
6	242393	0.0418	0.0684	0.0116	0.0035	0.0577	0.0721	0.2551	Medium
7	210026	0.0418	0.1083	0.0223	0.1624	0.1287	0.1550	0.6185	Desirable
8	210931	0.0418	0.0684	0.0116	0.1624	0.0577	0.0721	0.4140	Medium
9	231138	0.0418	0.0684	0.0116	0.0586	0.0577	0.0721	0.3102	Medium

10	233586	0.0418	0.0684	0.0116	0.0035	0.0577	0.0721	0.2551	Medium
11	240251	0.0418	0.0074	0.0116	0.0035	0.0577	0.0721	0.1940	Medium
12	229929	0.0418	0.1083	0.0223	0.0586	0.1287	0.1550	0.5146	Medium
13	212057	0.0418	0.0684	0.0223	0.1624	0.1287	0.1550	0.5786	Medium
14	222191	0.0418	0.1083	0.0116	0.0586	0.0577	0.1550	0.4330	Medium
15	225318	0.0418	0.0684	0.0116	0.0586	0.0577	0.0721	0.3102	Medium
16	232125	0.0418	0.1083	0.0116	0.0586	0.0577	0.0721	0.3501	Medium
17	237813	0.0418	0.0684	0.0223	0.1624	0.1287	0.1550	0.5786	Medium
18	242616	0.0418	0.1083	0.0223	0.1624	0.1287	0.1550	0.6185	Desirable

### 3.2.6.5 Usage Rate

Tabel 3.79 Data atribut *Usage Rate* setiap item material

Usage Rate Classification				
No	Item Number	Number Identical Part in the plant	Redundancies	Frequency of Failure
1	213263	Medium : 2-10 same item	Medium : 2-3 redundancies	Desirable : low
2	214149	Medium : 2-10 same item	Medium : 2-3 redundancies	Desirable : low
3	215436	Medium : 2-10 same item	Medium : 2-3 redundancies	Desirable : low

Tabel 3.79 Data atribut *Usage Rate* setiap item material (sambungan)

4	224743	Medium : 2-10 same item	Medium : 2-3 redundancies	Medium : moderate
5	241401	Critical : > 10 same item	Desirable : > 3 equipment	Critical : high
6	242393	Critical : > 10 same item	Medium : 2-3 redundancies	Critical : high
7	210026	Critical : > 10 same item	Medium : 2-3 redundancies	Critical : high
8	210931	Critical : > 10 same item	Medium : 2-3 redundancies	Medium : moderate
9	231138	Medium : 2-10 same item	Medium : 2-3 redundancies	Medium : moderate
10	233586	Medium : 2-10 same item	Medium : 2-3 redundancies	Medium : moderate
11	240251	Medium : 2-10 same item	Medium : 2-3 redundancies	Desirable : low
12	229929	Medium : 2-10 same item	Medium : 2-3 redundancies	Medium : moderate
13	212057	Critical : > 10 same item	Desirable : > 3 equipment	Medium : moderate
14	222191	Critical : > 10 same item	Desirable : > 3 equipment	Critical : high
15	225318	Medium : 2-10 same item	Medium : 2-3 redundancies	Desirable : low
16	232125	Critical : > 10 same item	Desirable : > 3 equipment	Critical : high
17	237813	Critical : > 10 same item	Desirable : > 3 equipment	Critical : high
18	242616	Critical : > 10 same item	Desirable : > 3 equipment	Critical : high

Tabel 3.80 Perhitungan tingkat kekritisian dari atribut *Usage Rate* setiap item material

No	Item Number	Usage Rate Classification				Usage Rate Classification
		Identical Part Composite Weight	Redundancies Composite Weight	Freq of Failure Composite Weight	Total Composite Weight	
1	213263	0.0801	0.1447	0.2105	0.4352	Desirable
2	214149	0.0801	0.1447	0.2105	0.4352	Desirable
3	215436	0.0801	0.1447	0.2105	0.4352	Desirable
4	224743	0.0801	0.1447	0.1172	0.3419	Medium
5	241401	0.0033	0.1415	0.0074	0.1521	Critical
6	242393	0.0033	0.1447	0.0074	0.1553	Critical
7	210026	0.0033	0.1447	0.0074	0.1553	Critical
8	210931	0.0033	0.1447	0.1172	0.2651	Medium
9	231138	0.0801	0.1447	0.1172	0.3419	Medium
10	233586	0.0801	0.1447	0.1172	0.3419	Medium
11	240251	0.0801	0.1447	0.2105	0.4352	Desirable
12	229929	0.0801	0.1447	0.1172	0.3419	Desirable
13	212057	0.0033	0.1415	0.1172	0.2619	Medium
14	222191	0.0033	0.1415	0.0074	0.1521	Critical
15	225318	0.0801	0.1447	0.2105	0.4352	Desirable
16	232125	0.0033	0.1415	0.0074	0.1521	Critical
17	237813	0.0033	0.1415	0.0074	0.1521	Critical
18	242616	0.0033	0.1415	0.0074	0.1521	Critical

### 3.2.6.6 Klasifikasi dengan MASTA

Dan kemudian dari nilai-nilai klasifikasi diatas kemudian ditentukan klasifikasinya dengan menggunakan MASTA seperti pada tabel dibawah

Tabel 3.81 Penentuan klasifikasi dengan menggunakan MASTA berdasarkan tingkat kekritisan dari masing masing attribut

No	Item Number	Spare Part Plant Criticality Classification	Spare Supply Characteristic Classification	Inventory Problem Classification	Procurement Problem Classification	Usage Rate Classification	MASTA Classification Result
1	213263	Medium	Medium	Medium	Medium	Desirable	B
2	214149	Medium	Medium	Medium	Medium	Desirable	B
3	215436	Medium	Medium	Medium	Medium	Desirable	B
4	224743	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	B
5	241401	Medium	Medium	Medium	Medium	Critical	C
6	242393	Medium	Medium	Medium	Medium	Critical	C
7	210026	Medium	Medium	Medium	Desirable	Critical	C
8	210931	Medium	Medium	Desirable	Medium	Medium	B

9	231138	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	B
10	233586	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	B
11	240251	Medium	Medium	Desirable	Medium	Desirable	B
12	229929	Medium	Medium	Medium	Medium	Desirable	B
13	212057	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	B
14	222191	Medium	Medium	Medium	Medium	Critical	C
15	225318	Medium	Medium	Medium	Medium	Desirable	B
16	232125	Medium	Medium	Medium	Medium	Critical	C
17	237813	Desirable	Medium	Medium	Medium	Critical	E
18	242616	Medium	Medium	Medium	Desirable	Critical	C



## BAB 4

### ANALISA DATA

Analisa data diawali dengan sistem persediaan yang ada di PT X, kemudian hasil pembobotan antar kriteria dengan *fuzzy* AHP untuk menentukan tingkat kritikalitas barang, dan contoh aplikasi dengan mengambil beberapa sampel data dari sistem persediaan di PT X

#### 3.3. Data Persediaan

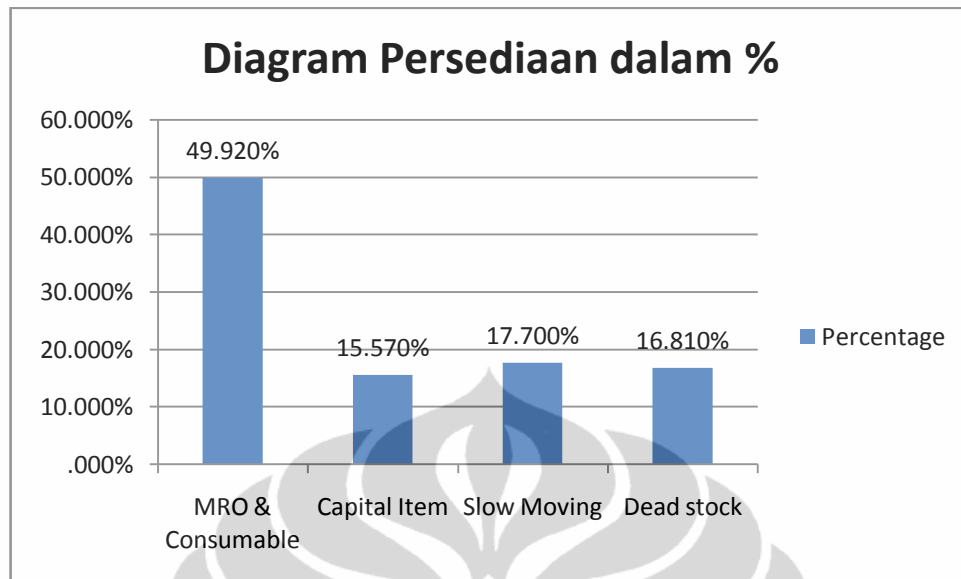
Total nilai persediaan PT X daerah operasi Kalimantan timur pada bulan November 2010 mencapai \$ 74,509,595.63 USD yang bisa dibagi menjadi beberapa kategori item sebagai berikut :

Tabel 4.1 Total Nilai Persediaan di bulan November.

Item type	Total (USD)
MRO & Consumable	37.192.187
Capital Item	11.602.099
Slow Moving	13.189.459
Dead stock	12.525.850
Total Inventory	74.509.596

Sumber : data persediaan PT X bulan Nopember 2010



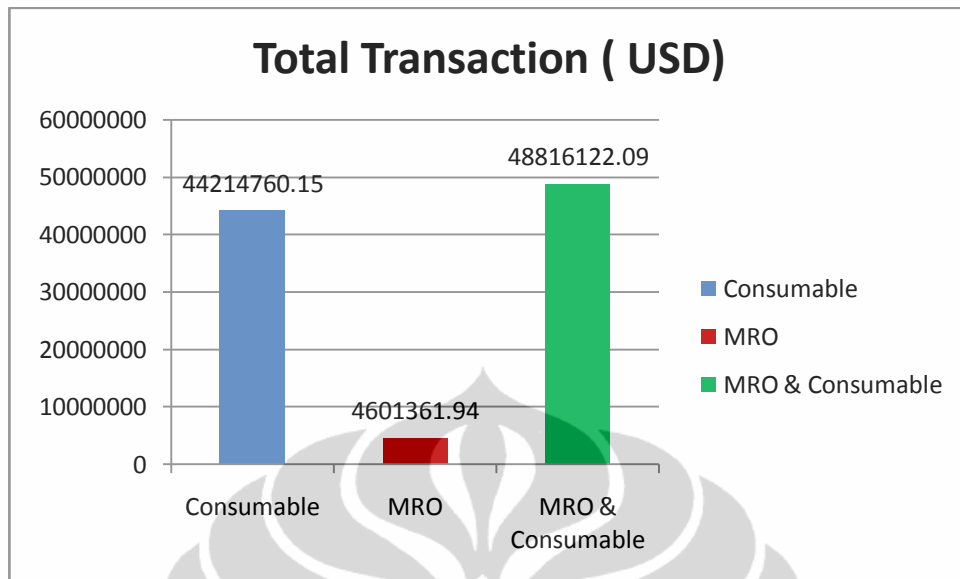


Gambar 4.1 Diagram Persediaan Dalam %  
Sumber : data persediaan PT X bulan Nopember 2010

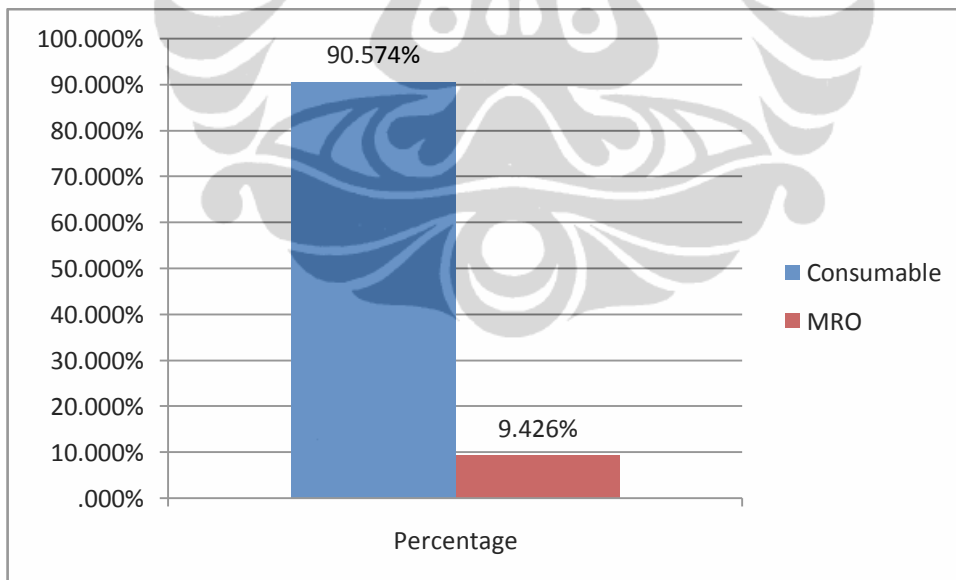
Dari angka persediaan dan diagram diatas menunjukkan bahwa jumlah material untuk keperluan operasional baik habis pakai dan suku cadang hampir mencapai 50% dari total persediaan, selain itu barang-barang yang bersifat *slow moving* dan *dead stock* nilainya cukup besar masing masing 17,7% dan 16,81% dari total nilai persediaan.

### 3.1.1. Data Penggunaan Material

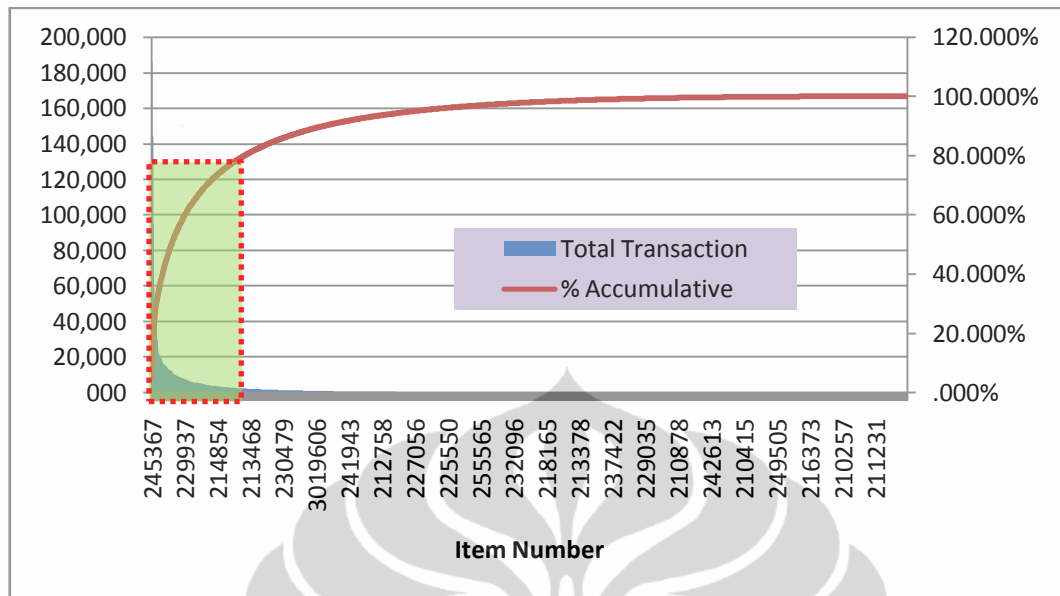
Dari data transaksi pemakaian selama tahun 2010 sampai dengan Nopember di main branchplant 9122PJMMMA menunjukkan nilai transaksi total \$ 48,816,122.09 USD untuk semua kategori barang, setelah dikurangi kebutuhan operasi yang bersifat habis pakai atau *consumable* didapatkan nilai transaksi suku cadang senilai \$ 4,629,005 USD atau sekitar 9.48 % dari semua nilai transaksi. Hal ini menunjukkan untuk daerah operasi *offshore* kebutuhan paling banyak adalah *fuel & lubricant* kemudian penggunaan *chemical* dan kebutuhan yang bersifat habis pakai lainnya.



Gambar 4.2 Nilai Transaksi Pemakaian Barang di 9122PJMMA Selama Tahun 2010 Sampai dengan Nopember.  
 Sumber : data persediaan PT X bulan Nopember 2010



Gambar 4.3 Diagram Transaksi Suku Cadang dalam Persen  
 Sumber : data persediaan PT X bulan Nopember 2010

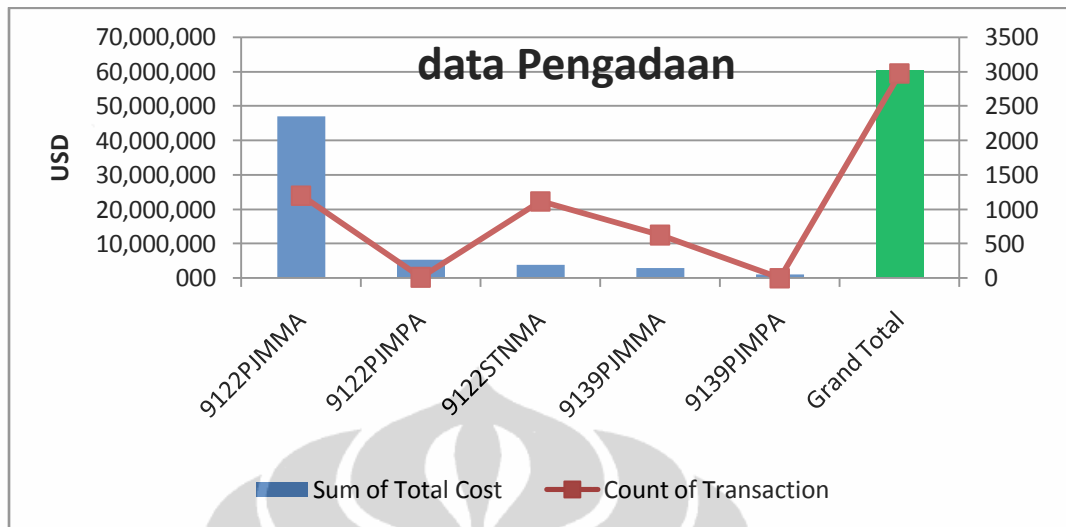


Gambar 4.4 Diagram Pareto Transaksi Suku Cadang di 9122PJMMA  
 Sumber : data persediaan PT X bulan Nopember 2010

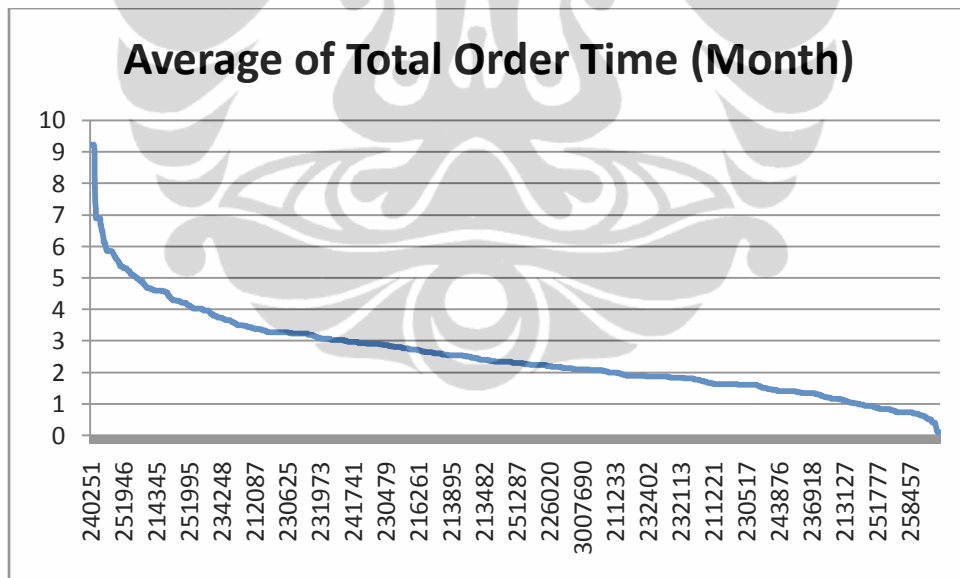
Berdasarkan prinsip *pareto* selama transaksi 1 tahun di *main branchplant* 9122PJMMA didapatkan 273 item yang masuk ke kategori A, 497 item kategori B dan 1521 kategori C.

### 3.1.2. Data Pengadaan Material

Tercatat selama tahun 2010 sampai dengan bulan Nopember untuk semua *main branchplant* telah diadakan pengadaan material sebanyak 2972 kali transaksi untuk 1894 jenis item material, masing masing item memerlukan waktu pengadaan yang bervariasi dengan rata-rata 2,44 bulan dengan total nilai mencapai US\$ 60,379,034.87.



Gambar 4.5 Diagram Nilai Pengadaan dan Jumlah Transaksi dari Setiap Main Branchplant  
 Sumber : data pengadaan PT X bulan Nopember 2010



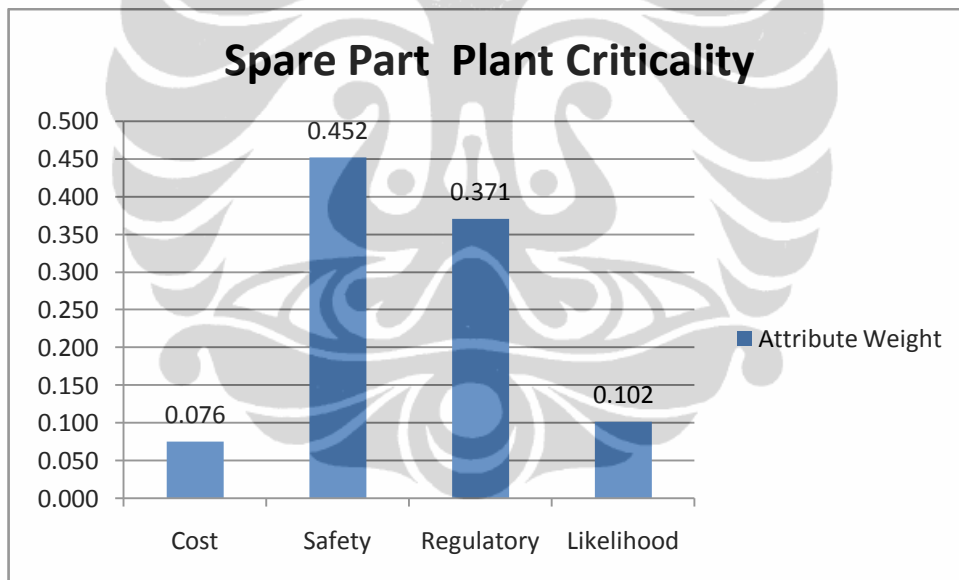
Gambar 4.6 Diagram Waktu Pengadaan Rata-Rata Untuk Setiap Item  
 Sumber : data pengadaan PT X bulan Nopember 2010

### 3.4. Nilai Bobot Kriteria Utama & Kondisi Batas kelas Klasifikasi.

Dari hasil kuisioner kepada para ahli dengan menggunakan kriteria perbandingan berpasangan kemudian diolah dengan metode *fuzzy* AHP untuk masing masing kriteria dan didapatkan hasil sebagai berikut

#### 4.2.2 Spare Part Plant Criticality

Pada *spare part plant criticality* didapatkan kriteria *Safety* memiliki bobot paling besar yaitu 0,452, kemudian *Regulatory* memiliki bobot 0,37, disusul *Likelihood* 0,101 dan terakhir yang memiliki bobot paling rendah adalah *Cost* yaitu sebesar 0,07, seperti ditunjukkan dalam gambar dan tabel berikut beserta *composite weight* nya :



Gambar 4.7 Diagram Nilai Pembobotan Kriteria *Sparepart Plant Criticality*

Tabel 4.2 Nilai *composite weight* kriteria *Sparepart Plant Criticality*.

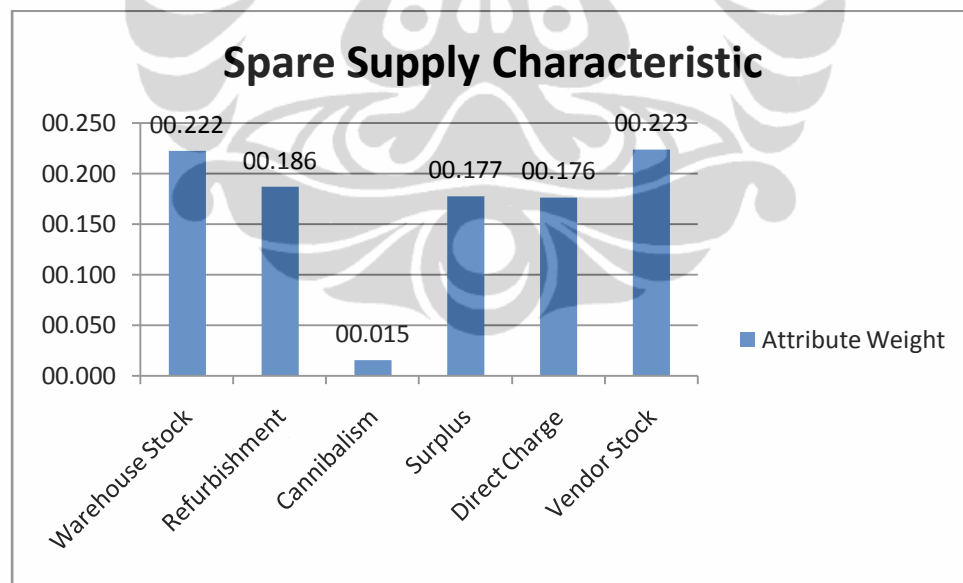
Attribute	Attribute Weight	Composite Weight		
		Critical	Medium	Desirable
Cost	0,076	0,013	0,030	0,025
Safety	0,452	0,012	0,182	0,249
Regulatory	0,371	0,019	0,118	0,234
Likelihood	0,102	0,019	0,035	0,048

Sehingga didapatkan kondisi batas penentuan klasifikasi sebagai berikut :

- *Critical* = 0,06 – 0,08
- *Medium* = 0,09 – 0,53
- *Desirable* = 0,54 – 0,56

#### 4.2.3 Spare Supply Characteristic

Bobot paling besar dalam menentukan *Spare Supply Characteristic* adalah *Vendor stock* sebesar 0,22319, kemudian *warehouse stock* sebesar 0,22204, disusul kriteria *refurbishment* sebesar 0,1864, selanjutnya *surplus* sebesar 0,177, kemudian *direct charge* sebesar 0,176 dan kriteria terendah adalah *cannibalism* sebesar 0,015. Berikut adalah gambar dan tabel beserta nilai *composite weight* nya :



Gambar 4.8 Diagram nilai pembobotan kriteria *Spare Supply Characteristic*

Tabel 4.3 Nilai *composite weight* kriteria *Spare Supply Characteristic*.

Attribute	Composite Weight
-----------	------------------

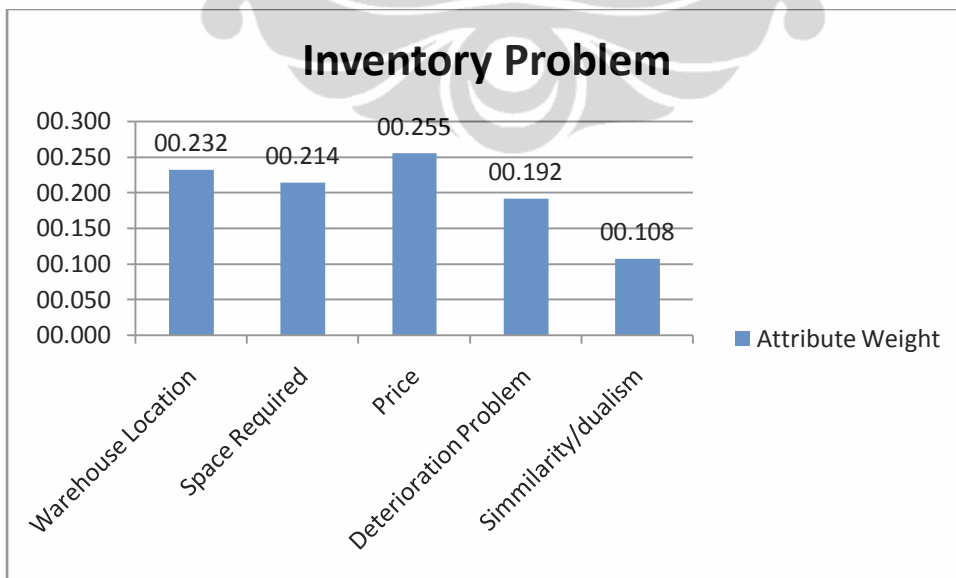
Attribute	Weight	Critical	Medium	Desirable
Warehouse Stock	0,2220	0,02455	0,07874	0,11875
Refurbishment	0,1864	0,00145	0,04771	0,13726
Cannibalism	0,0153	0,00013	0,00413	0,01101
Surplus	0,1770	0,00707	0,04301	0,12693
Direct Charge	0,1761	0,01372	0,03148	0,13087
Vendor Stock	0,2232	0,01084	0,01184	0,20052

Dan penentuan kelas klasifikasi dengan kondisi batas sebagai berikut:

- *Critical* = 0,0578 – 0,0686
- *Medium* = 0,0687 – 0,7144
- *Desirable* = 0,7145 – 0,7253

#### 4.2.6 Inventory Problem

Pada kriteria *Inventory problem* penentuan kriteria klasifikasi dipengaruhi bobot terbesar oleh *price* sebesar 0,2549, kemudian *warehouse location* sebesar 0,2316 kemudian *space required* sebesar 0,2144, kemudian *deterioration problem* sebesar 0,1916 dan terakhir dengan nilai bobot terendah adalah *similarity / dualism* dengan nilai bobot 0,1076. Berikut data dalam bentuk tabel dan nilai *composite weight* nya :



Gambar 4.9 Diagram nilai pembobotan kriteria *Inventory Problem*

Tabel 4.4 Nilai *composite weight* kriteria *Inventory Problem*

Attribute	Attribute Weight	Composite Weight		
		Critical	Medium	Desirable
Warehouse Location	0,2316	0,0024	0,0287	0,2005
Space Required	0,2144	0,0070	0,0817	0,1257
Price	0,2549	0,0192	0,0711	0,1645
Deterioration Problem	0,1916	0,0071	0,0727	0,1118
Simmilarity/dualism	0,1076	0,0005	0,0352	0,0718

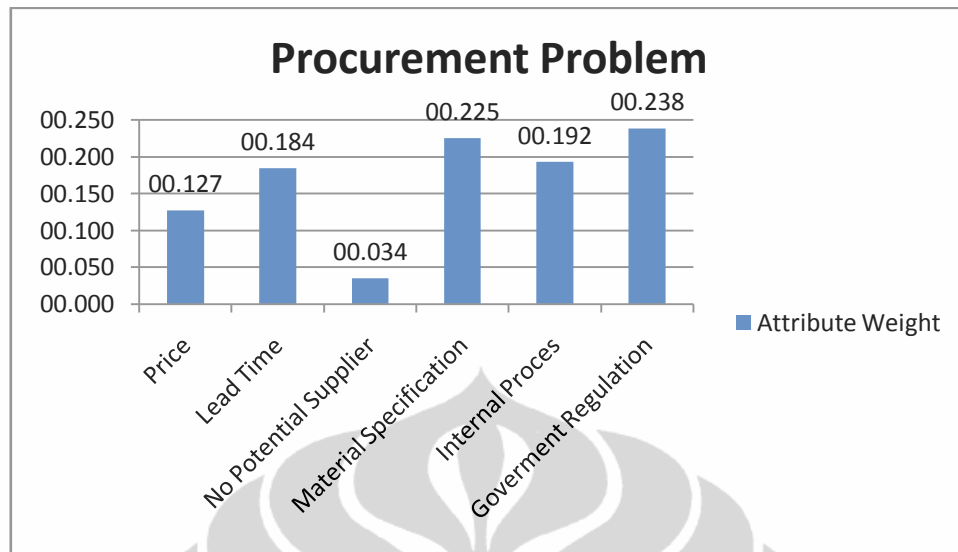
Kondisi batas untuk menentukan kelas klasifikasi adalah sebagai berikut :

- *Critical* = 0,0361 – 0,1074
- *Medium* = 0,1174 – 0,5931
- *Desirable* = 0,6031 – 0,6745

#### 4.2.7 Procurement Problem

Untuk kriteria procurement problem bobot terbesar dimiliki oleh kriteria *Government regulation* sebesar 0,2379, kemudian *material specification* sebesar 0,2245, kriteria *internal process* sebesar 0,1924, selanjutnya kriteria *lead time* sebesar 0,1841, kemudian kriteria price sebesar 0,1267 dan yang terakhir adalah *no of potential supplier* sebesar 0,0344, berikut data dalam bentuk tabel beserta *composite weight*nya :





Gambar 4.10 Diagram nilai pembobotan kriteria *Procurement Problem*

Tabel 4.5 Nilai *composite weight* kriteria *Procurement Problem*.

Attribute	Attribute Weight	Composite Weight		
		Critical	Medium	Desirable
Price	0,1267	0,0034	0,0418	0,0816
Lead Time	0,1841	0,0074	0,0684	0,1083
No Potential Supplier	0,0344	0,0004	0,0116	0,0223
Material Specification	0,2245	0,0035	0,0586	0,1624
Internal Proses	0,1924	0,0059	0,0577	0,1287
Government Regulation	0,2379	0,0109	0,0721	0,1550

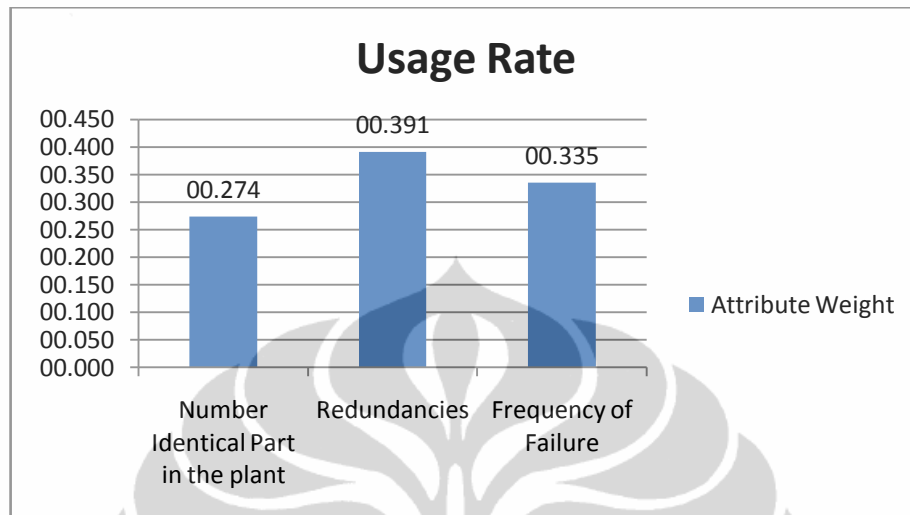
Kondisi batas untuk menentukan kelas klasifikasi adalah sebagai berikut :

- *Critical* = 0,0315 - 0,0533
- *Medium* = 0,0543 – 0,6355
- *Desirable* = 0,6365 – 0,6583

#### 4.2.8 Usage Rate

Kriteria terakhir adalah *usage rate*, dan didapatkan pembobotan *redundancies* sebesar 0,3908, kemudian *frequency of failure* sebesar 0,3351 dan

terakhir number *identical part in the plant* memiliki bobot 0,2741. Berikut adalah data dalam bentuk tabel dan *composite weight*nya.



Gambar 4.11 Diagram nilai pembobotan kriteria *Usage Rate*

Tabel 4.6 Nilai *composite weight* kriteria *Usage Rate*.

Attribute	Attribute Weight	Composite Weight		
		Critical	Medium	Desirable
Number Identical Part in the plant	0,2741	0,0033	0,0801	0,1908
Redundancies	0,3908	0,1046	0,1447	0,1415
Frequency of Failure	0,3351	0,0074	0,1172	0,2105

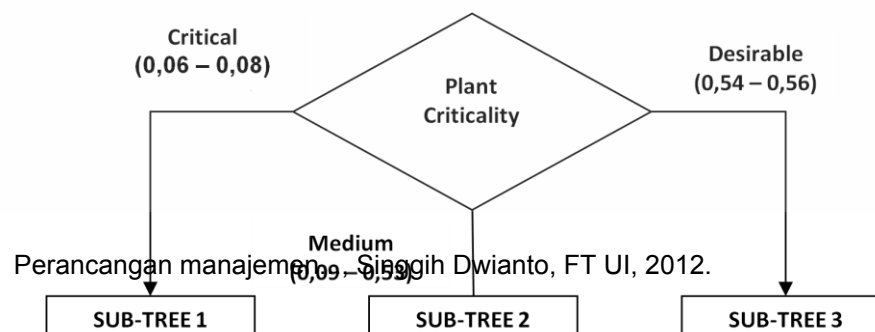
Kondisi batas untuk menentukan klasifikasi adalah :

- *Critical* = 0,1153 – 0,2535
- *Medium* = 0,2635 – 0,3945
- *Desirable* = 0,4045 – 0,5427

#### 4.4 Model Klasifikasi Persediaan Suku Cadang

##### 4.3.1 Struktur Keputusan.

Dari model yang di sampaikan pada bab 3, kemudian ditambahkan nilai batasan dalam kriteria *critical*, *medium* dan *desirable*.



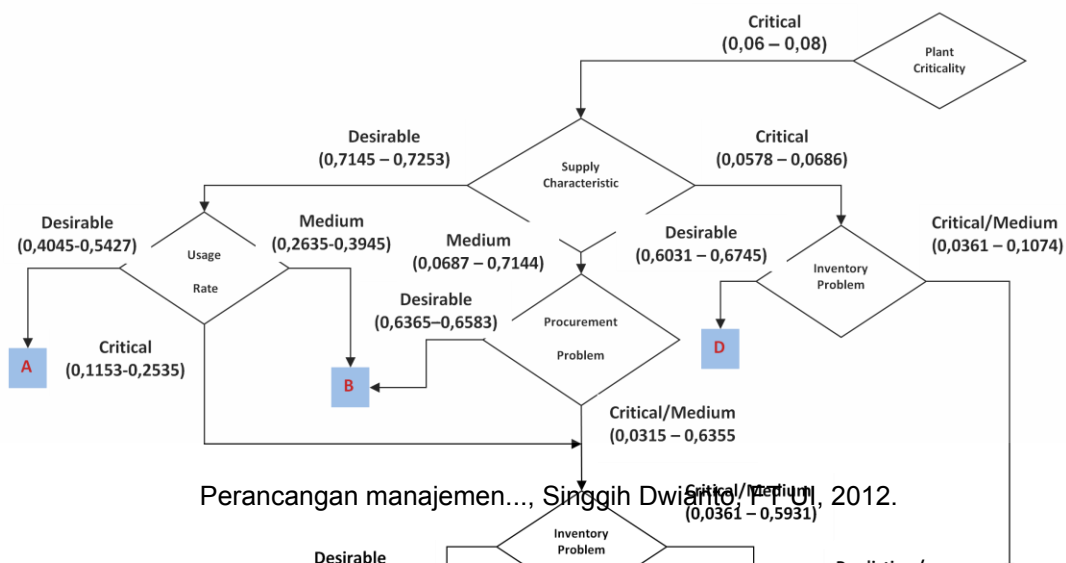
Perancangan manajemen Sinyih Dwiarto, FT UI, 2012.

Gambar 4.12 Diagram keputusan *Plant Criticality*

Penentuan klasifikasi material dengan menggunakan MASTA ini diawali dengan penentuan *spare part criticality*, dengan mencari total nilai dari *composite weight* dari setiap kriteria maka akan didapatkan apakah suku cadang tersebut termasuk kelas klasifikasi *critical, medium atau desirable*. Selanjutnya apabila termasuk *critical* maka akan dilanjutkan ke *sub-tree 1*, apabila termasuk *medium* akan diteruskan ke *sub-tree 2* dan yang terakhir bila nilai total *composite weight* termasuk *desirable* maka akan masuk ke diagram alir *sub-tree 3*.

#### 4.3.1.1 Logic Tree 1

Logic tree 1 digunakan apabila nilai total *composite weight spare part plant criticality* dari suku cadang termasuk kategori *critical*, maka selanjutnya suku cadang tersebut akan ditentukan lebih lanjut kelas klasifikasinya berdasarkan parameter *supply characteristic, inventory problem, procurement problem, usage rate dan maintenance type* nya sehingga nantinya akan didapatkan apakah termasuk kelas A, B, C,D,E.



Gambar 4.13 *Logic tree-1*

Termasuk kelas A apabila : *spare part plant criticality* nya *critical*, kemudian *spare supply characteristic* nya *desirable* dan *usage rate* nya juga *desirable*.

Termasuk kelas B apabila *spare part plant criticality* nya adalah *critical*, *spare supply characteristic medium* atau *desirable*, *usage rate medium* dan *procurement problem* nya *desirable*.

Termasuk kelas C apabila *spare part plant criticality* nya adalah *critical*, *spare supply characteristic critical*, *inventory problem* nya *critical* atau *medium* dan digunakan untuk tipe perawatan *corrective*.

Termasuk kelas D apabila *spare part plant criticality* nya adalah *critical*, *spare supply characteristic critical* atau *medium*, *inventory problem* nya *desirable* serta *procurement problem* nya *critical* atau *medium*.

Termasuk kelas E apabila *spare part plant criticality* nya adalah *critical*, *spare supply characteristic critical medium* atau *desirable*, *inventory problem critical* atau *medium*, *usage rate critical*, *procurement problem* nya *critical* atau *medium* dan tipe *maintenance predictive* atau *preventive*.

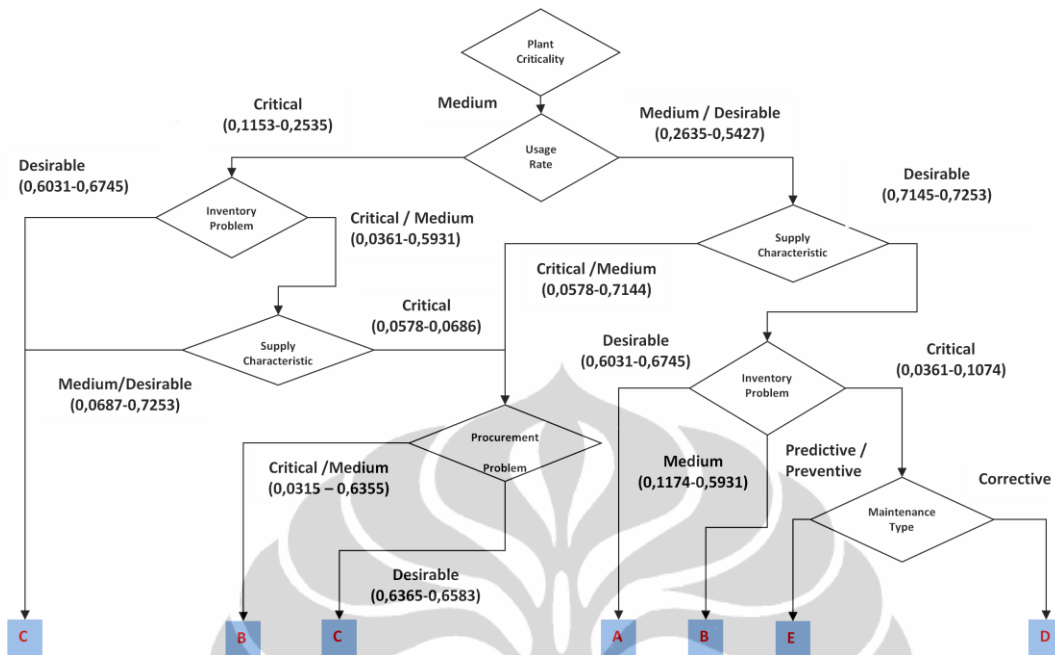
#### **4.3.1.2 Logic Tree 2**

Kemudian apabila *spare part plant criticality* nya *medium* maka penentuan kelas klasifikasi suku cadang melalui *logic tree-2* apakah nantinya masuk kategori A,B,C,D atau E.

Termasuk kelas A apabila : *spare part plant criticality* nya *medium*, kemudian *usage rate* nya *medium* atau *desirable*, *spare supply characteristic* nya *desirable* dan *inventory problemnya desirable*.

Termasuk kelas B apabila *spare part plant criticality* nya adalah *medium*, *usage rate* nya *critical/medium/critical*, *supply characteristic desirable* atau *critical* atau *medium*, *inventory problem medium* atau *critical* dan *procurement problem critical* atau *medium*.

Termasuk kelas C apabila *spare part plant criticality* nya adalah *medium*, *usage rate critical/medium/desirable*, *spare supply characteristic critical* atau *medium*, *inventory problem* nya *critical* atau *medium* atau *desirable* dan *procurement problem desirable*.



Gambar 4.14 Logic tree-2

Termasuk kelas D apabila *spare part plant criticality* nya adalah *medium*, *usage rate medium/desirable*, *spare supply characteristic desirable*, *inventory problem* nya *critical* dan tipe perawatan nya adalah *corrective*.

Termasuk kelas E apabila *spare part plant criticality* nya adalah *medium*, *usage rate medium/desirable*, *spare supply characteristic desirable*, *inventory problem* nya *critical* dan tipe perawatan nya adalah *preventive* atau *predictive*.

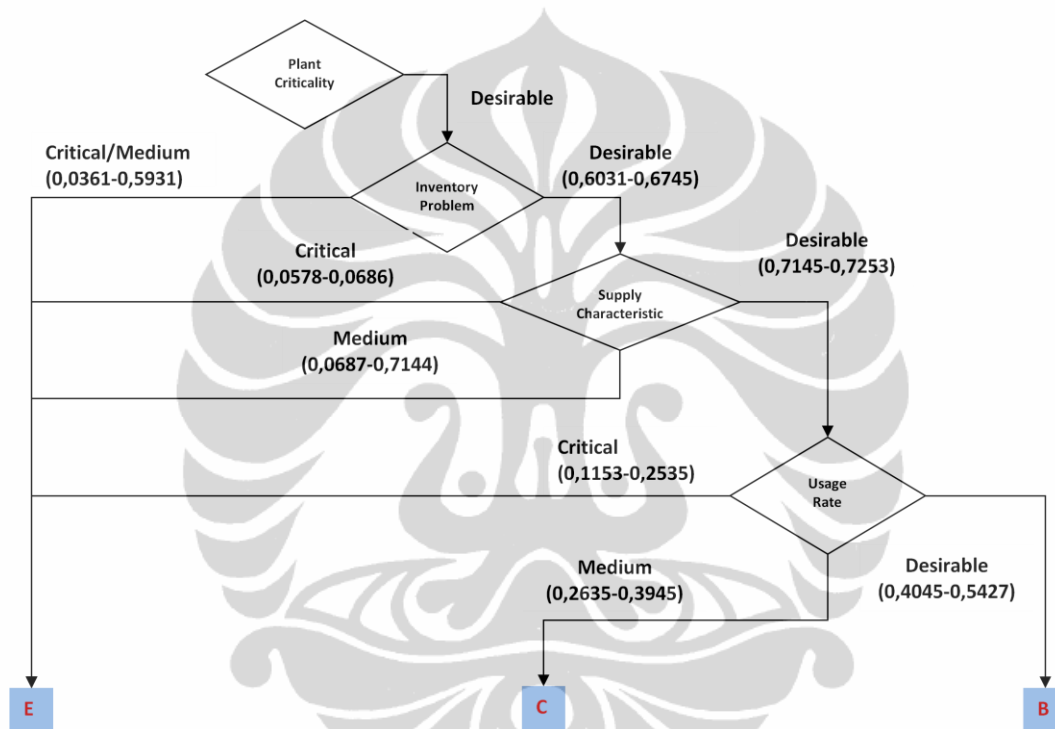
### 4.3.1.3 Logic Tree 3

Dan apabila *spare part plant criticality*nya *desirable* maka penentuan klasifikasi suku cadang berdasarkan *logic tree-3* sehingga didapatkan kelas klasifikasi B, C dan D.

Termasuk kelas B apabila *spare part plant criticality* nya adalah *desirable*, *inventory problem desirable*, *supply characteristic desirable* dan *usage rate desirable*.

Termasuk kelas C apabila *spare part plant criticality* nya adalah *desirable*, *inventory problem desirable*, *supply characteristic desirable* dan *usage rate medium*.

Termasuk kelas D apabila *spare part plant criticality* nya adalah *desirable*, *inventory problem critical* atau *medium*, *supply characteristic critical* dan *usage rate critical*.



Gambar 4.15 *Logic tree-3*

#### 4.3.2 Contoh Aplikasi.

Dari analisa penggunaan material selama tahun 2010 diambil contoh secara acak masing masing 6 item dari setiap pengelompokan berdasarkan prinsip ABC, masing-masing item kemudian dilengkapi kriteria dan dihitung *composite weightnya*. Kemudian ditentukan kelompok yang baru dengan menggunakan MASTA.

Seperti yang ditunjukkan dalam tabel 4.6 ditunjukkan hasil klasifikasi dari masing masing atribut dan kemudian dengan menggunakan *logic tree-1*, *logic*

*tree-2* dan *logic tree-3* didapatkan klasifikasi yang baru yaitu 8 item termasuk kelas B, 2 item kelas C dan 8 item kelas E. Hasil ini menunjukkan ada perubahan kelas dari material yang sebelumnya dikelompokkan berdasarkan prinsip ABC. Selanjutnya masing masing kelas akan ditindaklanjuti dengan *Inventory Management Policy matrix* sebagai arahan atau strategi manajemen suku cadang di PT X.

Tabel 4.7 Tabel klasifikasi dengan menggunakan MASTA.

No	Item Number	Description	Spare Part Plant Criticality Classification	Spare Supply Characteristic Classification	Inventory Problem Classification	Procurement Problem Classification	Usage Rate Classification	MASTA Classification Result	ABC Classification
1	213263	BAR, METAL 1-1/2 IN; 20 FT/LG;	Medium	Medium	Medium	Medium	Desirable	B	A
2	214149	SHAFT 1-11/16 X 1-1/2 IN; SIZE	Medium	Medium	Medium	Medium	Desirable	B	A
3	215436	SHAFT, PUMP FOR MDL.	Medium	Medium	Medium	Medium	Desirable	B	A
4	224743	POSITIONER, VALVE 3 TO 15 PSI;	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	B	A
5	241401	VALVE: CHOKE PRODUCTION CAGE	Medium	Medium	Medium	Medium	Critical	C	A
6	242393	COMPRESSOR:RECIPROCATING HEAVY	Medium	Medium	Medium	Medium	Critical	C	A
7	210026	VALVE: NEEDLE 1/4" X 1/4"MNPT	Medium	Medium	Medium	Desirable	Critical	C	B
8	210931	ELBOW: PIPE 2 IN, 3000 PSI, 90	Medium	Medium	Desirable	Medium	Medium	B	B
9	231138	BEARING, SLEEVE	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	B	B
10	233586	PLUNGER 1-3/4 IN; FOR SLOOP	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	B	B
11	240251	SEAL, LABYRINTH, SHROUD FOR	Medium	Medium	Desirable	Medium	Desirable	B	B
12	229929	FILTER ELEMENT, FLUID ID :	Medium	Medium	Medium	Medium	Desirable	B	B
13	212057	GAUGE: PRESSURE,0-300 PSI,2.5"	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	B	C
14	222191	VALVE: BALL,1/2" X 1/2" MNPT,	Medium	Medium	Medium	Medium	Critical	C	C
15	225318	ROTARY UNIT USE FOR CRUDE OIL	Medium	Medium	Medium	Medium	Desirable	B	C
16	232125	CONNECTOR: TUBING, STRAIGHT,	Medium	Medium	Medium	Medium	Critical	C	C
17	237813	BELT: V,PITCH LENGTH 124.0157"	Desirable	Medium	Medium	Medium	Critical	E	C
18	242616	GASKET, SPIRAL WOUND 4 IN; 150	Medium	Medium	Medium	Desirable	Critical	C	C

#### 4.5 Inventory Management Policy Matrix



*Inventory management policy matrix* (IMP) mendukung perencanaan manajemen persediaan yang baik karena mampu mengidentifikasi strategi berdasarkan tingkat kekritisannya dari setiap barang. Pada tabel 4.7 ditunjukkan matrik IMP hasil studi manajemen suku cadang di PT X berdasarkan ide dan usulan dari para ahli dari berbagai posisi, dimana diinginkan dari klasifikasi material suku cadang yang ada ditentukan target *service level* untuk masing-masing kelas dan kemudian strategi penyimpanan atau pengadaan yang memungkinkan untuk menjaga *service level* yang diinginkan. Selain itu ditentukan *cycle count* dari masing-masing item sesuai dengan kelas klasifikasi masing-masing.

Tabel 4.8 Tabel *Inventory Management Policy Matrix*.

INVENTORY MANAGEMENT POLICY MATRIX					
CLASSIFICATION	TARGET SERVICE LEVEL	CYCLE COUNT ( MONTH )	WH Stock	Direct Purchase	Vendor Stock
A	100%	3	x		
B	87,5%	6	x		
C	75%	12	x	x	x
D	67,5%	12		x	x
E	50%	12		x	x

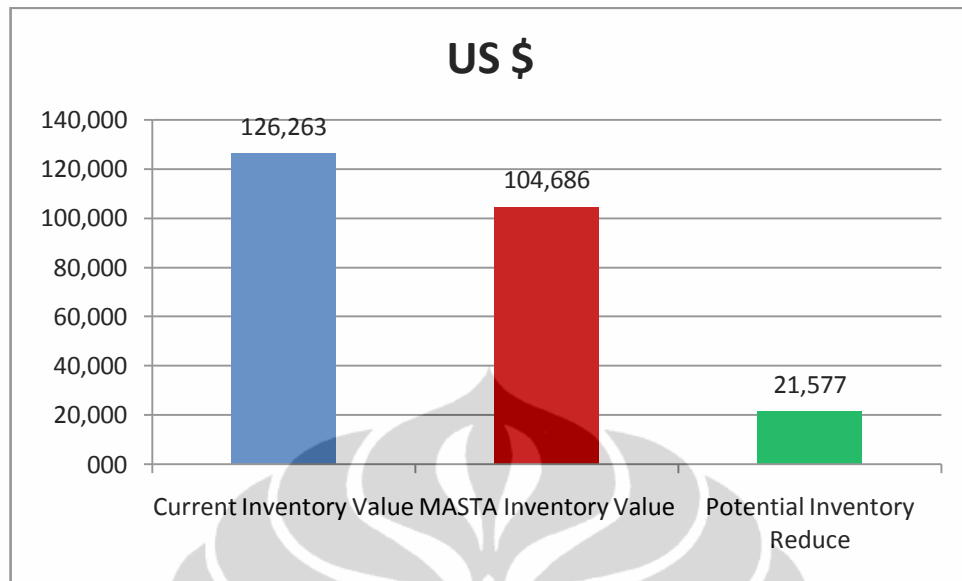
Selanjutnya dengan menggunakan target *service level* dari tabel 4.7 dicoba diaplikasikan pada 18 item sample yang sudah ditentukan kelas klasifikasi yang baru menggunakan MASTA, kemudian dihitung *inventory value* apabila menggunakan MASTA dibandingkan dengan nilai *inventory* ada saat ini. Penentuan nilai *inventory* dengan menggunakan MASTA berdasarkan setup nilai *Reorder quantity* dan *safety stock* yang ada di PT X saat ini.

Hasil perhitungan menunjukkan apabila manajemen suku cadang menggunakan MASTA dari 18 sampel item didapatkan potensi pengurangan nilai *inventory* sebesar US\$ 21,576.82 atau sekitar 17,09 % dari nilai *inventory* saat ini. Selain itu dengan model klasifikasi yang baru tidak ada lagi material habis atau stock

out di warehouse, seperti ditunjukkan dalam tabel 4.8 tercatat pada saat ini dari 18 sampel terdapat 5 item yang tidak ada stok di warehouse.

Tabel 4.9 Klasifikasi dan hasil nilai inventory dengan MASTA

No	Item Number	MASTA Classification Result	ABC Classification	Process	Item Price (US\$)	Current Stock	ROP	ROQ	Safety Stock	Current Inventory Value	MASTA Inventory Value
1	213263	B	A	CS	28,12	16	23	16	8	449,85	762,63
2	214149	B	A	CS	13.175,0	0	3	2	1	39.525,00	23.056,25
3	215436	B	A	CS	4.776,04	2	3	2	1	9.552,07	16.716,13
4	224743	B	A	IN	926,41	1	2	1	0	926,41	1.621,22
5	241401	C	A	CS	8.500,00	7	8	6	0	59.500,00	51.000,00
6	242393	C	A	OR	8.898,00	1	1	0	0	8.898,00	6.673,50
7	210026	C	B	CS	55,36	15	3	2	0	830,42	124,56
8	210931	B	B	CS	18,97	0	12	10	0	0,00	199,19
9	231138	B	B	CS	199,48	0	4	4	0	0,00	698,18
10	233586	B	B	OR	732,35	2	0	0	1	1.464,70	640,81
11	240251	B	B	IN	581,91	0	1	1	1	0,00	1.018,35
12	229929	B	B	IN	4,75	24	111	55	66	114,00	735,66
13	212057	B	C	OR	63,17	0	0	0	1	0,00	55,27
14	222191	C	C	CS	180,59	2	1	1	1	361,19	270,89
15	225318	B	C	IN	511,08	2	2	2	0	1.022,16	894,39
16	232125	C	C	CS	12,04	0	2	8	0	0,00	18,06
17	237813	E	C	OR	122,50	29	2	0	1	3.552,50	183,75
18	242616	C	C	CS	3,35	20	4	1	3	66,92	17,57
<b>Total (US\$)</b>										<b>126.263,22</b>	<b>104.686,40</b>



Gambar 4.16 Nilai Inventoy dari 18 contoh sampel

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 1.15 Kesimpulan

Dari pembahasan pada bab-bab sebelumnya dapat diambil kesimpulan bahwa permasalahan persediaan suku cadang adalah sangat kompleks dan perancangan manajemen persediaan suku cadang dengan metode klasifikasi *multi-attribute* yang menggabungkan *Multi Attribute Spare Tree Analysis* (MASTA) dan *fuzzy-Analythic Hierarchy Process* (AHP) bisa diterapkan pada industri minyak dan gas bumi Indonesia.

Kriteria yang digunakan untuk mendapatkan nilai pada *fuzzy* AHP di atas adalah kriteria *Spare part plant criticality* yang terdiri dari parameter *Cost, Safety, Regulatory, Likelihood*, kriteria *Spare Supply Characteristic* yang terdiri dari *Warehouse stock, Refurbishment, Cannibalism, Surplus, Direct Charge, Vendor Stock*, kriteria *Inventory Problem* terdiri dari *Warehouse Location, Space required, Price, Deterioration Problem, Simmilarity/dualism*, kriteria *Procurement Problem* terdiri dari *Price, Lead time, Number of Potential Supplier, Material Specification, Internal Process, Goverment Regulation*, dan yang terakhir adalah *Usage rate* yang terdiri dari parameter *Number of identical part in the plant, Rendundancies dan Freqency of failure*.

Strategi sistem persediaan suku cadang disusun kedalam *Inventory Management Policy Matrix (IMP)* yang menjadi arahan dalam mengatur dan menjaga suku cadang dimana didalamnya terdapat lima kelas klasifikasi yaitu kelas A dengan target *service level* 100%, kelas B dengan target *service level* 87,5%, kelas C dengan target *service level* 75%, kelas D dengan target *service level* 67,5% dan kelas E dengan target *service level* 50%.

Aplikasi model yang dilakukan pada 18 item sampel suku cadang didapatkan potensi penurunan nilai persediaan sebesar US\$ 21,576.82 atau sekitar 17,09% dari nilai persediaan saat 18 item tersebut saat ini.

### **1.16Saran**

Perlu dilakukan studi lebih lanjut dengan mengaplikasikan ke beberapa perusahaan minyak di Indonesia untuk mendapatkan parameter dan atribut yang paling sesuai dan mendapatkan *Inventory Management Policy Matrix* yang tepat digunakan sebagai panduan manajemen suku cadang di Industri Minyak dan Gas di Indonesia.



## DAFTAR REFERENSI

Eric Porras, Rommert Dekker (2008), *An inventory control system for spare part at a refinery: An Empirical comparasion of different re-order point methods*, European Journal of Operation Research 184. 101-132.

Braglia, Grassi & Montanari(2004), *Multi-attribute Classification Method for Spare Parts Inventory Management*, Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 10 no 1, pp 55-65.

Kumar Dey (2001), *Re-engineering Material Management A Case Studt on an Indian Refinary*, Business Process Management Journal, Vol 7 No.5 pp 394-408.

Konstantinos Danas, Abdul Roudsari, Panayiotis ( 2006 ), *The applicability of a multi-attribute classification framework in the healthcare industry*, Journal of Manufacturing Technology Management, Vol 17 no 6,pp 772-785.

Min-Chun Yu (2010), *Multi-Criteria ABC Analysis using artificial-Intelligence-based classification techniques*, an International Journal Expert System with Application, 201 :10.1016/j.eswa.2010.08.127.

Razi & Tarn (2003), *An Applied Model for Improving Inventory Management in ERP System*, Logistic Information Management Volume 16. Number 2 pp.114-124.

Botter & Fortuin (2000), *Stocking Strategy for Service Parts – A Case Study*, International Journal of Operation & Production Management Vol 20. No 6, pp 656-674.

Handayani, N (2009), *Evaluasi Performa Supplier dengan Menggunakan Metoda Fuzzy AHP pada layanan catering di PT Garuda Indonesia*. Depok, Indonesia : Program Pasca Sarjana Teknik Industri Universitas Indonesia.

Douglas & Greg (1987), *Reliability Centered Maintenance*, IEEE Transaction on Reliability, Vol R-36, no 1.

Kianfar (2010), *Plant Function Deployment via RCM and QFD*, Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol 16 No 4 pp 354-366.

Askin and Guzin, *Comparison of AHP and Fuzzy AHP for the Multicriteria Decision Making Process with Linguistic Evaluations*, Istanbul Ticaret Universitesi Fen Bilimleri Dergisi, Istanbul, 2007.

Casdira, (2010), *Sejarah Pengelolaan Migas Indonesia*. February 23, 2010. <http://casdiraku.wordpress.com/2010/02/23/sejarah-pengelolaan-migas-indonesia/>.

Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. *Pedoman dan Pola Tetap Pengembangan Industri Minyak dan Gas Bumi Nasional 2005-2020 : Blue Print Implementasi Undang Undang nomor 22 tahun 2001 Tentang Minyak dan Gas Bumi*. Juni 2005. [http://www.google.co.id/url?sa=t&source=web&cd=1&sqi=2&ved=0CBQQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.migas.esdm.go.id%2Fdownload.php%3Ffl%3Dgerbang\\_191\\_0.pdf%26fd%3D9&ei=iu4QTaXdMsSyrAferoDLCw&usg=AFQjCNHWm09jQdOaGBFmjmlsnSo\\_ZiPOpQ](http://www.google.co.id/url?sa=t&source=web&cd=1&sqi=2&ved=0CBQQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.migas.esdm.go.id%2Fdownload.php%3Ffl%3Dgerbang_191_0.pdf%26fd%3D9&ei=iu4QTaXdMsSyrAferoDLCw&usg=AFQjCNHWm09jQdOaGBFmjmlsnSo_ZiPOpQ)

Georgy & Basily (2007), *Using Genetic Algorithms in Optimizing Construction Material Delivery Schedules*, Construction Innovation, Vol 8 No 1, 2008 pp 23-45.

Humphreys, P (2001), *Designing a Management Development Programme for Procurement Executives*, Journal of Management Development, Vol 20 No 7, pp 604-623.

Ozan Cakir, Mustafa S.Canbolat (2008), *A web-based decision support system for multi-criteria Inventory classification using fuzzy AHP Methodology*, an International journal Expert System with Application 35, 1367-1378.

A. Hadi-Vencheh (2009), *An Improvement to multiple criteria ABC inventory Classification*, European Journal of Operational Research, 201. 962-965.

Hossein Jamshidi, Ajeet Jain (2008), *Multi-Criteria ABC Inventory Classification: With Exponential Smoothing Weights*, The Journal of Global Business Issues – Volume 2 Issue 1.



## LAMPIRAN

### 1. Kuesioner



# KUESIONER

## 1. PENGANTAR

Dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan akademis di Program Pasca Sarjana Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia, maka dilakukan penyusunan tesis yang berjudul '*Perancangan Manajemen Persediaan Suku Cadang dengan Metode Klasifikasi Multi-atribut pada Perusahaan Minyak dan Gas di Indonesia*'. Penelitian ini bertujuan untuk membuat klasifikasi material suku cadang menggunakan berbagai atribut/parameter seperti LPO (lost product opportunity), keselamatan, lingkungan, biaya, lead time, jumlah supplier, obsolescence dan beberapa parameter lain baik yang bersifat kuantitatif dan kualitatif sehingga nantinya didapatkan strategi pengelolaan yang efektif dan efisien dalam menjamin proses produksi minyak dan gas bumi, melalui penggabungan metode MASTA (Multi Atribut Spare Tree Analysis) dan Fuzzy AHP (Analytic Hierarchy Process).

Peneliti mengharapkan kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi kuesioner yang bertujuan untuk menentukan tingkat kepentingan antar kriteria klasifikasi serta pembobotan perbandingan berpasangan melalui metode Fuzzy AHP

Peran serta Bapak/Ibu dalam mengisi kuesioner sangat peneliti harapkan, karena hal ini akan menjadi gambaran terhadap parameter apa saja yang seharusnya digunakan dalam membuat klasifikasi dan pengelolaan suku cadang dalam industri minyak dan gas di Indonesia. Atas bantuan dan partisipasi Bapak/Ibu, peneliti mengucapkan terima kasih.

Hormat Saya,

(Singgih Dwianto)

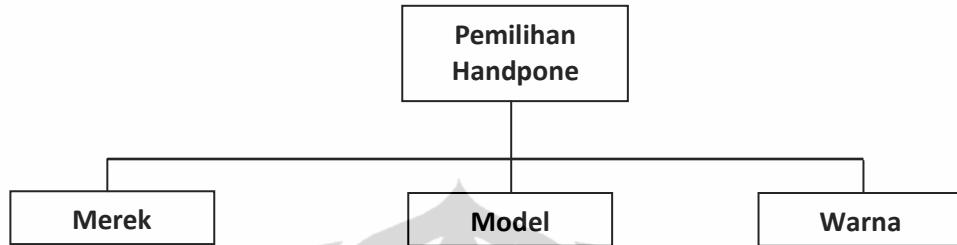
## 2. PETUNJUK PENGISIAN

Dalam Kuesioner ini, Anda diminta untuk memberikan penilaian terhadap tingkat kepentingan antar kriteria dalam menentukan klasifikasi material dan kritikalitas dari kriteria tersebut. Skala penilaian dan cara menilainya dijelaskan sebagai berikut :

Skala Absolut Tingkat Kepentingan	Definisi	Keterangan
1	Kedua elemen sama pentingnya	Kedua elemen mempunyai kontribusi yang sama terhadap sasaran/pilihan
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari yang lain	Elemen yang satu memiliki kontribusi yang sedikit lebih penting daripada elemen yang lain
5	Elemen yang satu lebih penting dari yang lain	Elemen yang satu memiliki kontribusi yang lebih penting daripada elemen yang lain
7	Elemen yang satu sangat lebih penting dari yang lain	Elemen yang satu memiliki kontribusi yang sangat lebih penting daripada elemen yang lain
9	Elemen yang satu mutlak lebih penting dari yang lain	Elemen yang satu memiliki kontribusi yang mutlak lebih penting daripada elemen yang lain
2,4,6,8	Nilai tengah antara 2 pertimbangan yang berdekatan	Jika terdapat keraguan antara 2 penilaian yang berdekatan
Kebalikan/ Reciprocal	Jika elemen A memiliki salah satu nilai diatas pada saat dibandingkan dengan elemen B, maka elemen B memiliki nilai kebalikan bila dibandingkan dengan elemen A	

**Contoh pengisian kuesioner :**

Apabila dicontohkan cara penilaian tingkat kepentingan dalam perbandingan pemilihan handpone, dengan hirarki sebagai berikut :



Dimana : Skala kiri penilaian menjelaskan jika dilihat dari contoh kriteria merek mempunyai tingkat kepentingan atas kriteria model. Skala kanan penilaian menjelaskan jika dilihat dari contoh kriteria model mempunyai tingkat kepentingan atas kriteria merek.

- a. Jika kita membandingkan antara kriteria model dengan merek, penilaian model sama pentingnya dengan merek maka diberi tanda ( X ) pada kolom ( 1 ) skala penilaian

Merek	9	8	7	6	5	4	3	2	X	2	3	4	5	6	7	8	9	Model
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------

- b. Jika kita membandingkan antara kriteria model dengan warna, penilaian model berada diantara skala penilaian sangat penting ( 7 ) dan mutlak lebih penting ( 9 ) dibandingkan dengan warna maka diberi tanda ( X ) pada kolom ( 8 ) pada skala kiri penilaian.

Warna	9	X	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Model
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------

- c. Jika kita membandingkan antara kriteria merek dengan warna, penilaian merek berada di skala penilaian lebih penting dibandingkan warna, maka diberi tanda ( X ) pada kolom ( 5 ) pada skala kanan penilaian.

Warna	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	X	6	7	8	9	Merek
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------

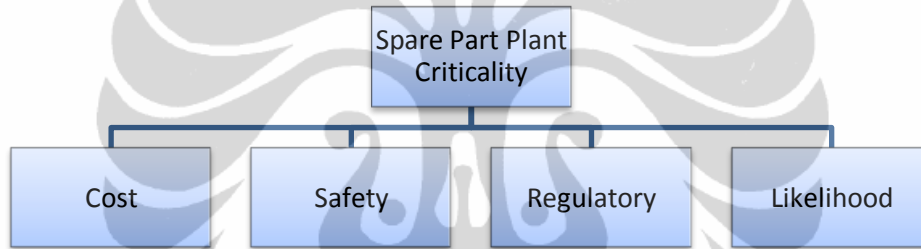
**Data Responden**

Nama :  
 Jabatan :  
 Pendidikan Formal :  
 Pengalaman Kerja :  
 Balikpapan, 2010

( )

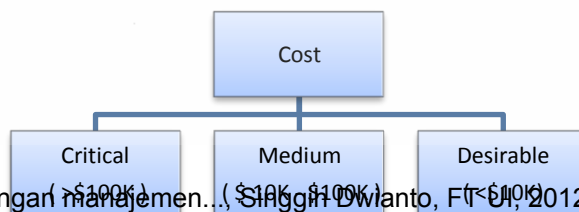
**3. PENILAIAN PERBANDINGAN BERPASANGAN**

**3.1. Perbandingan Berpasangan antar Kriteria Spare Part Plant Criticality**



Cost	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Safety
Cost	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Regulatory
Cost	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Likelihood
Safety	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Regulatory
Safety	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Likelihood
Regulatory	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Likelihood

**3.1.1. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Cost**

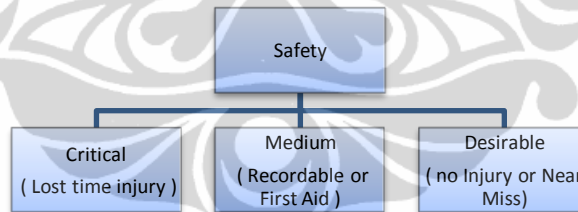


Catatan : cost included

- Impact to Asset LPO ( Lost Product Opportunity )
- Impact to Repair Cost
- Impact to Product & Service Quality

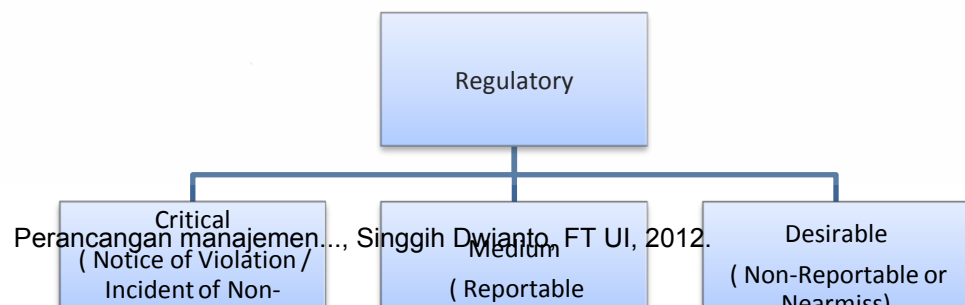
Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Medium
Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable
Medium	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable

### 3.1.2. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Safety



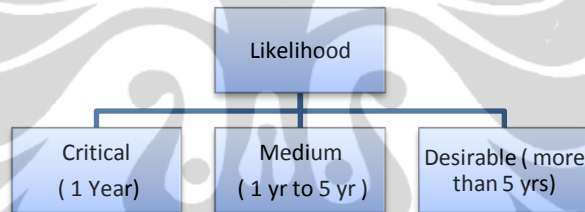
Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Medium
Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable
Medium	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable

### 3.1.3. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Regulatory



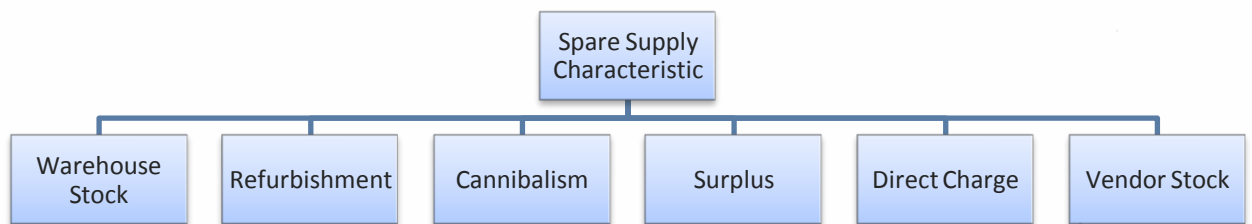
Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Medium
Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable
Medium	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable

**3.1.4. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Likelihood**



Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Medium
Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable
Medium	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable

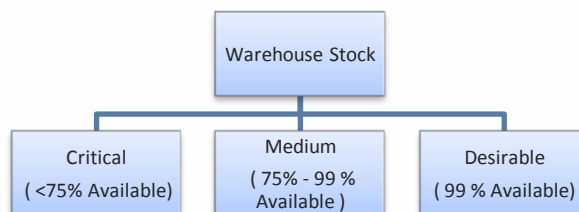
**3.2. Perbandingan Berpasangan antar Kriteria Spare Supply Characteristics**



WH Stock	Refurbishment
----------	---------------

	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
WH Stock	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Cannibalism
WH Stock	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Surplus
WH Stock	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Direct Charge
WH Stock	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Vendor Stock
Refurbishment	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Cannibalism
Refurbishment	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Surplus
Refurbishment	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Direct Charge
Refurbishment	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Vendor Stock
Cannibalism	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Surplus
Cannibalism	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Direct Charge
Cannibalism	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Vendor Stock
Surplus	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Direct Charge
Surplus	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Vendor Stock
Direct Charge	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Vendor Stock

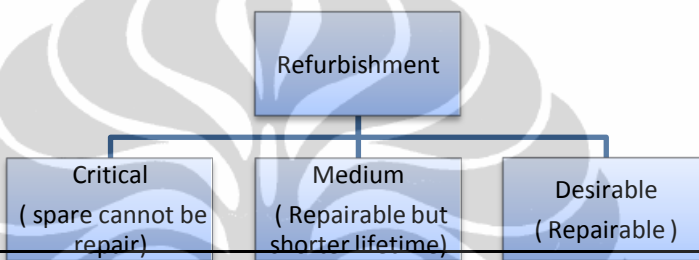
### 3.2.1. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Warehouse Stock





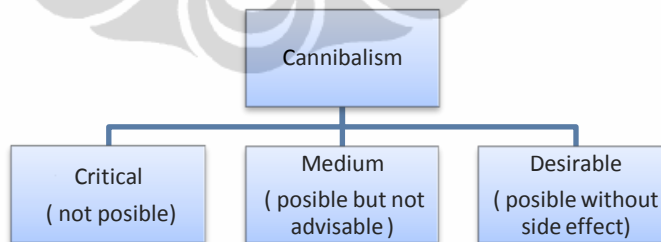
Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Medium
Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable
Medium	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable

### 3.2.2. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Refurbishment



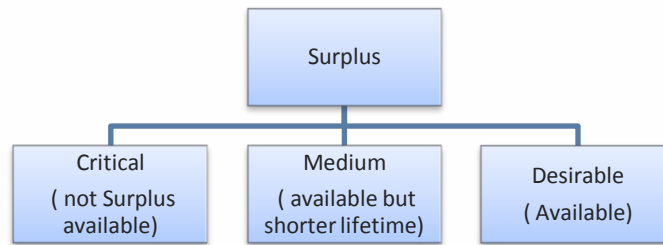
Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Medium
Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable
Medium	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable

### 3.2.3. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Cannibalism



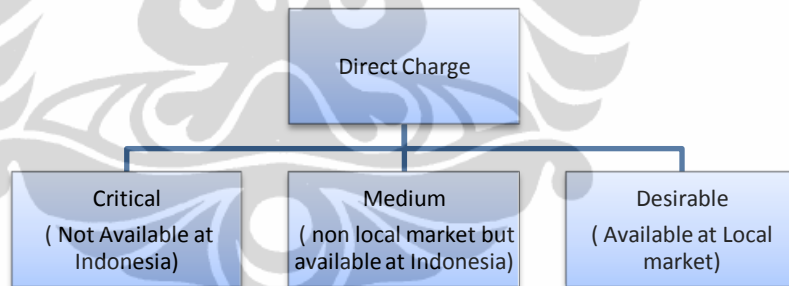
Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Medium
Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable
Medium	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable

### 3.2.4. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Surplus



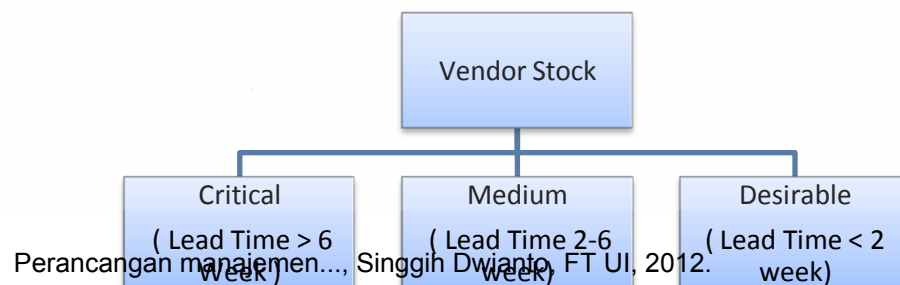
Critical	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Medium
Critical	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desirable
Medium	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desirable

### 3.2.5. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Direct Charge



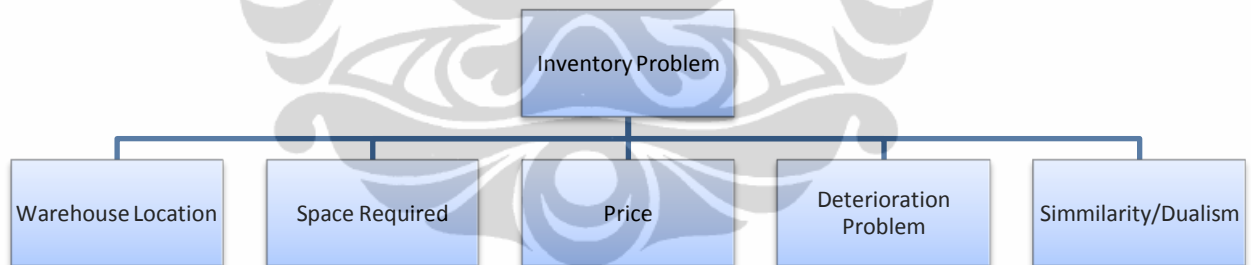
Critical	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Medium
Critical	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desirable
Medium	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desirable

### 3.2.6. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Vendor Stock



Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Medium
Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable
Medium	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable

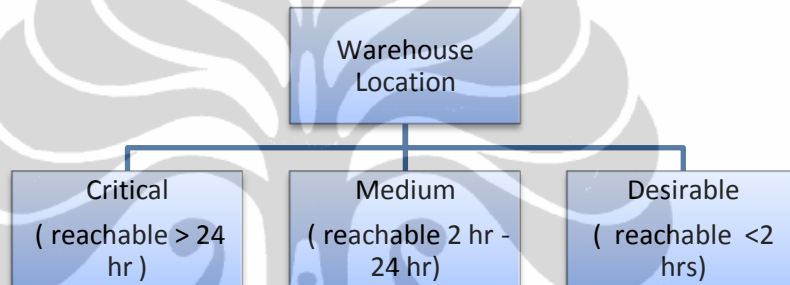
### 3.3. Perbandingan Berpasangan antar Kriteria Inventory Problem



WH Location	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Space Required
WH Location	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Price
WH Location	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Deterioration
WH Location	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Similarity
Space Required	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Price
Space		Deterioration

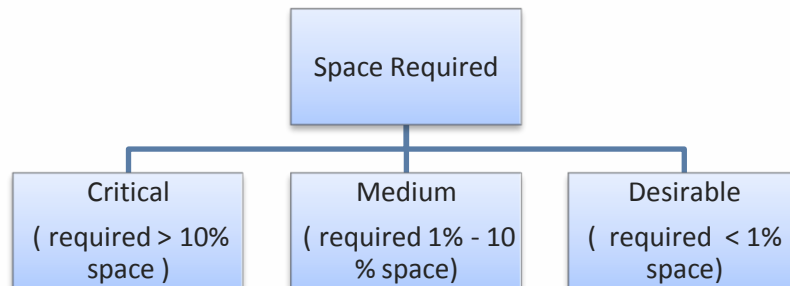
Required	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
Space Required	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Simmilairty
Price	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Deterioration
Price	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Simmilairty
Deterioration	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Simmilairty

### 3.3.1. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Warehouse Location



Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Medium
Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable
Medium	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable

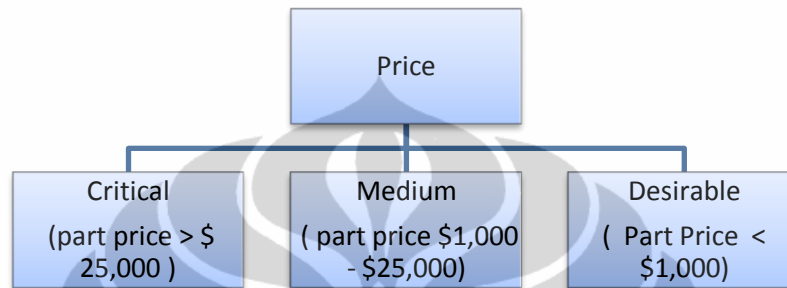
### 3.3.2. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Space Required



Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Medium
----------	-----------------------------------	--------

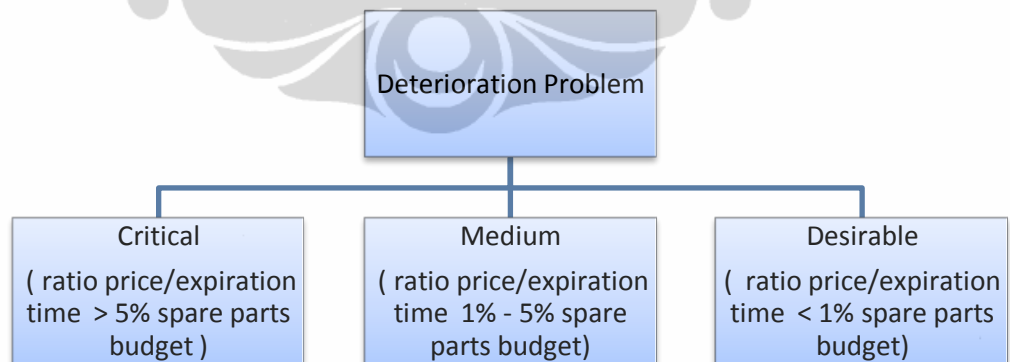
Critical	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desirable
Medium	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desirable

### 3.3.3. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Price



Critical	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Medium
Critical	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desirable
Medium	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desirable

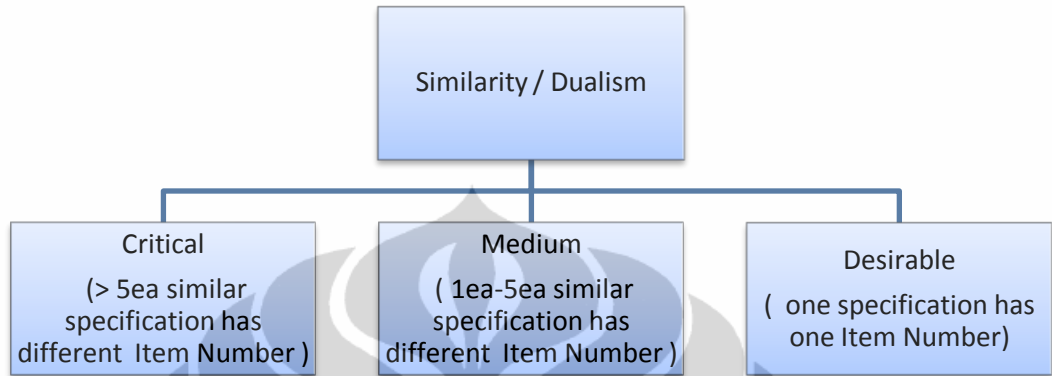
### 3.3.4. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Deterioration Problem



Critical	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Medium
Critical	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desirable
Medium																		Desirable

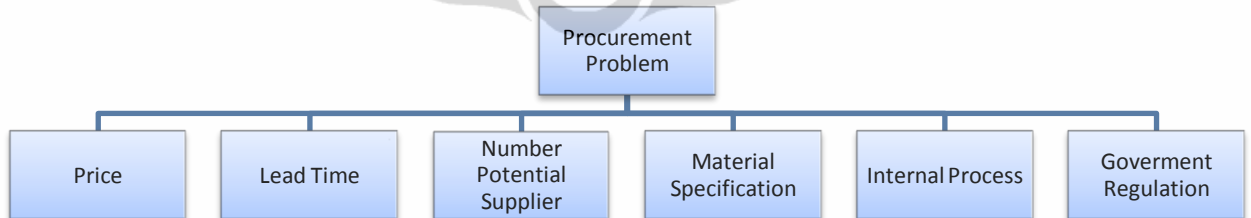
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--

### 3.3.5. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Similarity/Dualism



Critical	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Medium
Critical	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desirable
Medium	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desirable

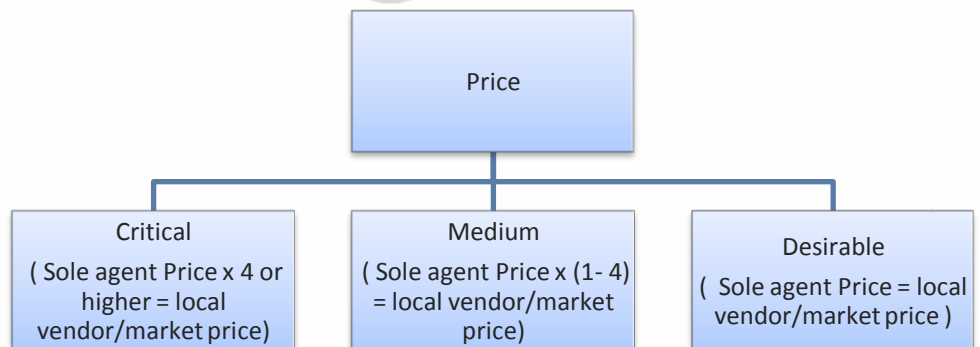
### 3.4. Perbandingan Berpasangan antar Kriteria Procurement Problem



Price	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lead Time
Price	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	No Potential Supplier
Price	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Material Specification

Price	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Internal Process
Price	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Government Regulation
Lead Time	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	No Potential Supplier
Lead Time	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Material Specification
Lead Time	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Internal Process
Lead Time	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Government Regulation
No Potential Supplier	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Material Specification
No Potential Supplier	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Internal Process
No Potential Supplier	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Government Regulation
Material Specification	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Internal Process
Material Specification	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Government Regulation
Internal Process	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Government Regulation

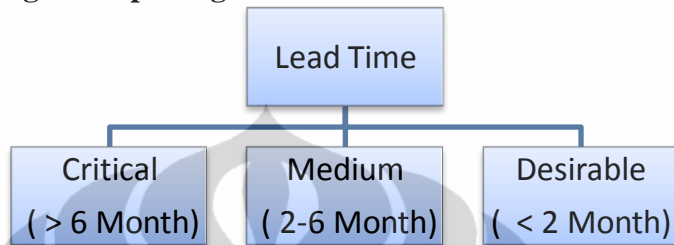
### 3.4.1. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Price.



Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Medium
----------	-----------------------------------	--------

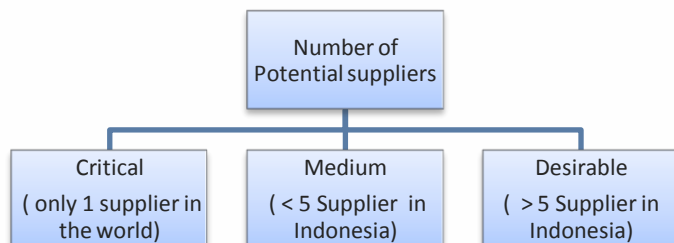
Critical	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desirable
Medium	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desirable

**3.4.2. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Lead Time**



Critical	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Medium
Critical	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desirable
Medium	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desirable

**3.4.3. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Number of Potential Supplier**

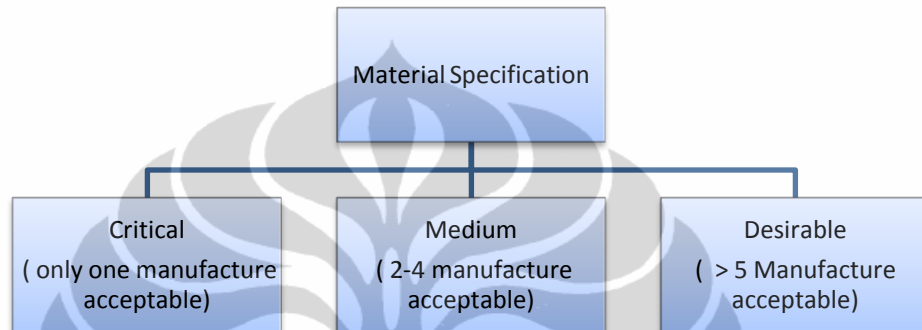


Critical																Medium
----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------



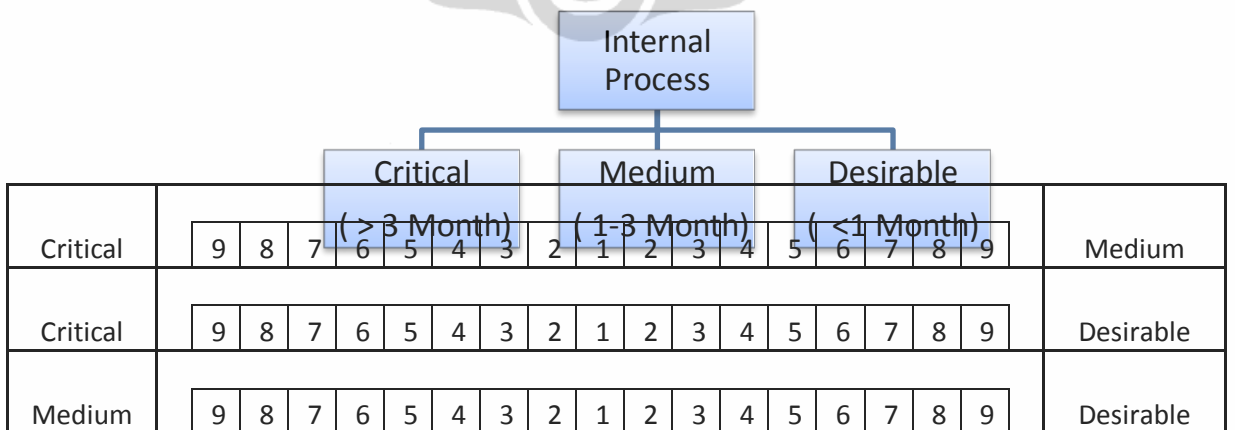
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Critical	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desirable
Medium	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desirable

### 3.4.4. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Material Specification

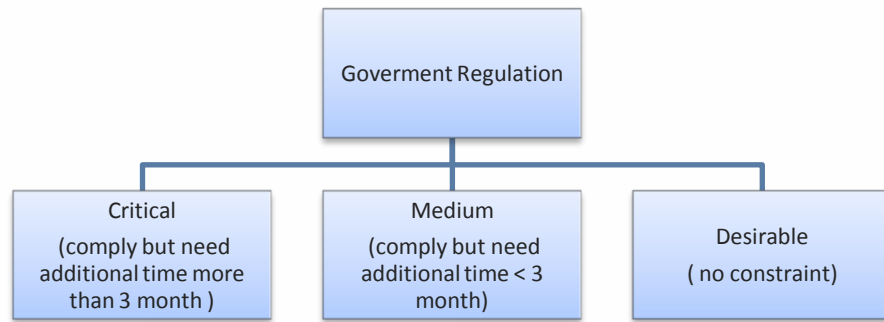


Critical	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Medium
Critical	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desirable
Medium	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desirable

### 3.4.5. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Internal Process

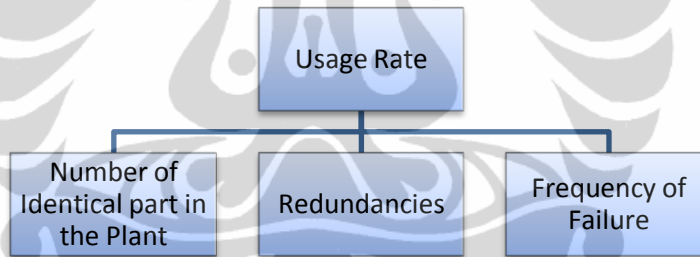


### 3.4.6. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Government Regulation



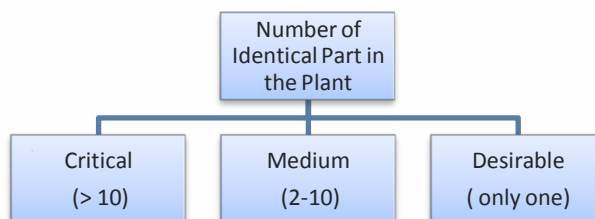
Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Medium
Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable
Medium	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable

### 3.5. Perbandingan Berpasangan antar Kriteria Usage Rate



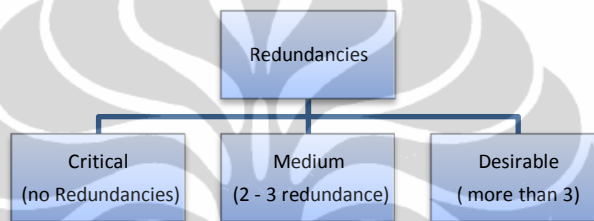
No of Identical Part	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Redundancies
No of Identical Part	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Frequency of Failure
Redundancies	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Frequency of Failure

#### 3.5.1. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Number of Identical Part in the Plant



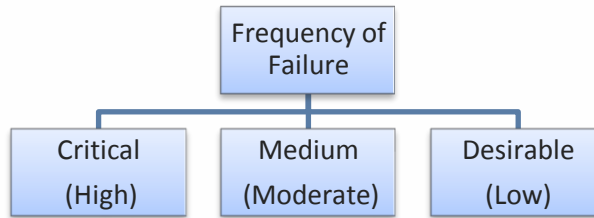
Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Medium
Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable
Medium	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable

### 3.5.2. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Redundancies



Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Medium
Critical	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable
Medium	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Desirable

### 3.5.3. Perbandingan Berpasangan sub kriteria Frequency of Failure



Critical	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Medium
Critical	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desirable
Medium	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desirable

#### 4. PENUTUP

Atas kerjasama dan partisipasi Bapak/Ibu dalam pengisian kuesioner ini, peneliti mengucapkan terimakasih. Apabila ada pertanyaan mengenai kuesioner, dapat menghubungi :

Peneliti : Singgih Dwianto

Alamat : Jl. Saxofon, Perumahan Bumi Palapa G-7, Malang

Telepon : 081231478904

Email : [sdwianto@gmail.com](mailto:sdwianto@gmail.com)